

Über die mineralogische Zusammensetzung des unteren Gipskeupers, nach einem Bohrprofil

Inauguraldissertation
der Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen
zur
Erlangung des Doktorgrades

Vorgelegt von
HANS-HERMANN SCHMITZ
Duisburg



1959

Verlag und Herausgeber:

Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung · Hannover · Wiesenstraße 1

Als Dissertation genehmigt
von der Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Universität Erlangen

Tag der mündlichen Prüfung: 16. Juli 1958

Dekan: Universitätsprofessor Dr. R. Fleischmann

Berichterstatter: Universitätsprofessor Dr. Th. Ernst

Berichterstatter: Universitätsprofessor Dr. B. v. Freyberg

Sonderdruck aus: Geologisches Jahrbuch, Band 77, Hannover 1959

Über die mineralogische Zusammensetzung des unteren Gipskeupers, nach einem Bohrprofil¹⁾

(Aus dem Mineralogischen Institut der Universität Erlangen)

Von HANS-HERMANN SCHMITZ *)

Mit Tafel 10, 19 Abbildungen und 2 Tabellen

Inhalt

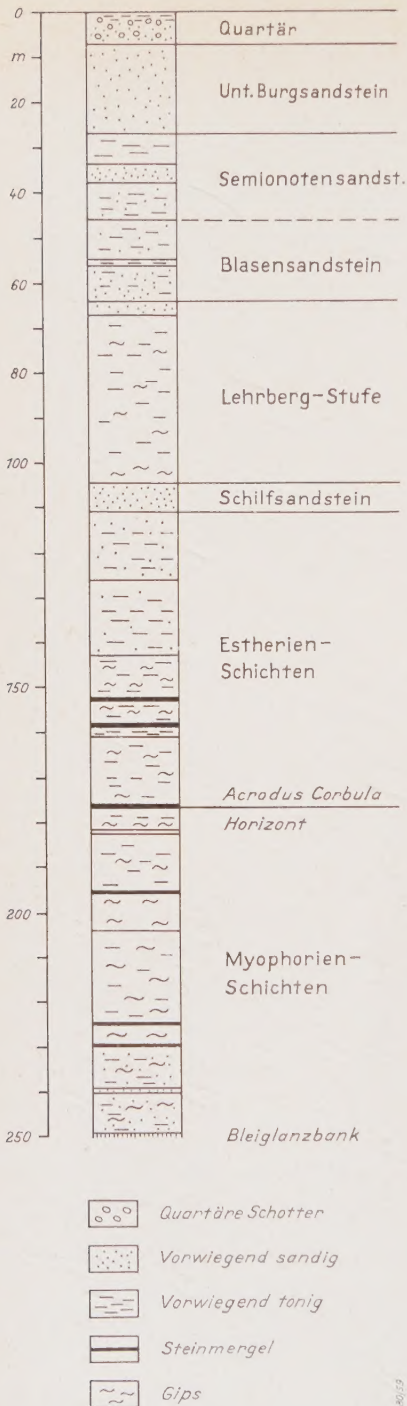
1. Einleitung	59
2. Geologische Übersicht	60
3. Probenahme und kurze Beschreibung der Proben	60
4. Aufbereitung der Proben und Schlämmanalysen	62
5. Optische Untersuchung	63
6. Röntgenographische Untersuchung	65
7. Die differentielle Thermoanalyse (DTA)	65
8. Die Dilatometeranalyse — Das Verhalten des Corrensits im Dilatometer	66
9. Die Untersuchung der Horizonte	68
Probe 1 (145 bis 148 m)	68
Probe 2 (148 bis 149 m)	70
Proben 3, 4 und 5 (149 bis 173 m)	70
Proben 6, 7 und 8 (173 bis 190 m)	71
Proben 9, 10 und 11 (190 bis 200 m)	72
Probe 12 (200 bis 207 m)	74
Proben 13, 14 und 15 (207 bis 228 m)	74
Proben 16, 17, 18, 19 und 20 (228 bis 237,2 m)	75
Proben 21, 22, 23 und 24 (237,2 bis 245 m)	76
Proben X, Y und Z (Oberflächenschürfproben)	76
10. Die chemischen Analysen — Die Färbung der Horizonte	78
11. Zusammenstellung der Mineralgehalte nach der vorgeschlagenen Erlanger Nomenklatur	80
12. Auswertung und Diskussion	82
Schrifttum	90

1. Einleitung

Dem Verfasser stand für seine Untersuchungen ein Bohrkern aus der Randfazies des Gipskeupers bei Kulmbach zur Verfügung, der bereits auf Grund geologischer Einzelbeschreibung genau stratigraphisch gegliedert wurde (v. FREYBERG 1955). Da das Material vollkommen frisch, unverwittert und nur durch Diagenese verfestigt war, erschien es lohnend, die Zusammensetzung der einzelnen Schichten genauer zu erfassen, um an einem solchen geologisch gut bekannten Einzelbeispiel die Verteilung

¹⁾ Von der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen genehmigte Dissertation, gering gekürzt.

*) Anschrift des Autors: Dr. HANS-HERMANN SCHMITZ, Bundesanstalt für Bodenforschung, Hannover, Wiesenstr. 1.



der Minerale kennenzulernen und um die Frage beantworten zu können, ob ein Zusammenhang zwischen dem chemischen Aufbau des Gesamtgesteins — besonders hinsichtlich des Sulfatgehaltes — und der Mineralführung besteht.

Um auch eventuelle sekundäre Veränderungen zu erfassen, wurden Proben von Ausbissen entsprechender Schichten bei Windsheim (Entfernung von Kulmbach 100 km) untersucht.

2. Geologische Übersicht

Das im Zechstein entstandene große Germanische Becken umfaßte Deutschland mit seinen randlich angrenzenden Gebieten und blieb in seiner Form wesentlich bis zum Rhät, also fast bis zum Ende der Trias, erhalten. Die Ablagerungen sind größtenteils kontinental.

Im Sommer 1954 wurde bei Kulmbach in einer Bohrung ein Teil dieser Sedimente, nämlich der mittlere Keuper, erbohrt. Die Bohrung, bezeichnet als „Ireks V“, wurde auf dem Gelände der Firma Ireks, Kulmbach, Gradabteilungsblatt Kulmbach, etwa 150 m nordwestlich vom Fabrikgebäude in der Maintalaue niedergebracht.

3. Probenahme und kurze Beschreibung der Proben

Die Gesamtteufe der Bohrung betrug 245 m. Dabei wurden folgende Schichten durchfahren (Abb. 1): bis 7,20 m Quartär, bis 64 m Sandsteinkeuper, bis 104,5 m Lehrbergstufe, 104,5 m bis 111,0 m Schilfsandstein, 111,0 m bis 176,8 m Estherienletten, 176,8 m bis zur Endteufe Myophorien-Schichten. Die Untergrenze der Bohrung bildet bei 245 m die Bleiglanzbank.

Abb. 1. Schichtprofil der Bohrung Ireks V (nach v. FREYBERG).

Von Interesse waren bei dem gesamten Profil nur die letzten 100 m, da die Bohrung bis 145 m als Meißel- und von da an als Kernbohrung durchgeführt wurde. Leider waren die Kerne zum Beginn der Arbeit 1956 nicht mehr lückenlos vorhanden, doch geben die untersuchten Proben trotzdem ein gutes Bild der Profilabfolge wieder, zumal deren Eingliederung in die entsprechenden Teufen zum Teil sehr genau bekannt ist.

- Probe 1: 145 bis 148 m
Grauer Letten mit sehr viel Gips; teilweise in Lagen als Fasergips, teilweise massig.
- Probe 2: 148 bis 149 m
Dunkelroter Letten mit einigen Fasergipslagen.
- Probe 3: 149 bis 155 m
Grauer Letten, stark mit Gips durchtrümmert.
- Probe 4: 155 bis 162 m
Gut geschichteter grauer Mergel mit dünnen, schwarzen Lagen wechselnd.
- Probe 5: 162 bis 173 m
Grüngrauer Mergel mit einer 1,5 cm starken Fasergipslage.
- Probe 6: 173 bis 173,6 m
Sehr fester, hellgrauer „Steinmergel“.
- Probe 7: 173,6 bis 182,5 m
Fester, dunkelbrauner Mergel.
- Probe 8: 182,5 bis 190 m
Dunkelroter und grauer Letten.
- Probe 9: 190 bis 193 m
Fester grauer Mergel mit einer 1,5 cm starken Fasergipslage.
- Probe 10: 193 bis 195 m
Dunkelroter bis grüngrauer Letten in Wechsellagerung.
- Probe 11: 195 bis 200 m
Vorwiegend grüner Letten mit rotbraunen Flecken, Anhydritknollen und einer 6 cm starken, massigen Gipslage.
- Probe 12: 200 bis 207 m
Grauer und grüner Letten. Letzterer zum Teil mit rotbraunen Flecken, dazwischen hellgraue Lettenlagen.
- Probe 13: 207 bis 215 m
Heller und dunkelgrauer Mergel mit feinverteiltem Gips und einer 1 cm starken Fasergipslage.
- Probe 14: 215 bis 224 m
Hell- und dunkelgrauer Gipsmergel.
- Probe 15: 224 bis 228 m
Hell- und dunkelgrauer, fester Mergel mit einer Fasergipslage.
- Probe 16: 228 bis 230 m
Grauer Gipsletten und grauer Mergel.
- Probe 17: 230 bis 232 m
Dunkelgrauer Letten und hellgrauer Gipsletten mit zum Teil grobkristallinem Gips.
- Probe 18: 232 bis 235,6 m
Dunkelroter und grauer Letten.
- Probe 19: 235,6 bis 236 m
Grauer Letten.

- Probe 20: 236,0 bis 237,2 m
Grauer Gipsletten.
- Probe 21: 237,2 bis 238,4 m
Sandstein mit grünen Lettenfasern und sandiger grüner Letten.
- Probe 22: 238,4 bis 239,3 m
Roter und grüner Letten; zum Teil gefleckt, mit einer Fasergipslage.
- Probe 23: 239,3 bis 243,8 m
Grüner Letten, wenig rot gefleckt.
- Probe 24: 243,8 bis 245,0 m
Fester Sandstein.

Endteufe

Aus den anstehenden Keuperschichten bei Windsheim wurden folgende Proben genommen und zum Vergleich untersucht:

- Probe Z:
Estheriensichten ~ 10 m über *Acrodus-Corbula*-Bank.
- Probe Y:
Myophorienschichten ~ 10 m unter *Acrodus-Corbula*-Bank.
- Probe X:
Myophorienschichten ~ 10 m über Bleiglanzbank.

4. Aufbereitung der Proben und Schlämmanalysen

Infolge der sehr verschiedenartigen Ausbildung der einzelnen Proben — Mergel, Letten, Sandsteine (feste Sandsteine wurden nur in Dünnschliffen untersucht) usw. — und des zum Teil recht beträchtlichen Gipsgehaltes war die Vorbereitung der Proben zur Schlämmanalyse mit einigen Schwierigkeiten verbunden. Z. B. ließen sich viele Proben nicht dispergieren, da das Ca^{++} -Ion des gelösten Gipses eine spontane Koagulation bewirkte, die weder durch Lithiumkarbonat noch durch Natriummetahexaphosphat aufgehoben werden konnte.

Um nun von vornherein für alle aufzubereitenden Proben einheitliche Voraussetzungen zu schaffen, hat sich folgender durch zahlreiche Versuche erprobter Weg als am geeignetsten erwiesen: Das jeweilige Probegut wurde in einem Holzmörser vorsichtig zerdrückt und eine abgewogene Menge (10 g) 24 Std. der Einwirkung von 0,1 n NH_4OH ausgesetzt, darauf 24 Std. mit einer Schüttelmaschine kräftig geschüttelt und anschließend 10 Min. mit einem Mixergerät gequirlt. Neigte die Probe zur Koagulation, so wurde so lange mit frischer Lösung geschlämmt und dekantiert, bis die Ausflockung sicher aufgehoben war. Die Probe mit der gesamten gebrauchten Flüssigkeitsmenge wurde durch ein Ultrafilter filtriert und im Filtrat der gelöste Anteil bestimmt. Von dem bei Zimmertemperatur getrockneten Probegut wurde ein Teil der Schlämmanalyse im ATTERBERG-Zylinder unterworfen und folgende Korngrößenklassen quantitativ abgetrennt:

- I. $< 0,3 \mu$
- II. 0,3 bis 1,0 μ
- III. 1,0 bis 3,16 μ
- IV. 3,16 bis 10,0 μ
- V. 10,0 bis 31,6 μ
- VI. $> 31,6 \mu$

Auch in diesen Filtraten wurde abermals der gelöste Anteil bestimmt, so daß sich in Verbindung mit der ersten Analyse eine genaue Aussage über die Menge der löslichen Bestandteile der gesamten Probe machen ließ.

Entsprechend der einzelnen Korngrößenbereiche wurden die verschiedenen Untersuchungsmethoden angewandt.

5. Optische Untersuchung

Die einzelnen Fraktionen wurden soweit wie möglich mikroskopiert. Dabei leistete das Phasenkontrastverfahren wertvolle Hilfe. So konnten auch die Fraktionen um 3μ , teilweise noch etwas darunter, mit einiger Sicherheit ausgezählt werden. Ferner ergaben die Untersuchungen von 29 Dünnschliffen sehr gute Hinweise auf die Schichtung, den Kornverband, die Ausbildung der Minerale, deren Bildung und Umbildung, den Einfluß der Diagenese usw.

Der Bestandteil der mikroskopisch erfaßbaren Fraktionen:

a) Quarz

Der in allen Proben vorhandene Quarzanteil wird mit fallender Korngröße immer geringer und war in Fraktionen $< 1\mu$ mit keiner Methode mehr nachweisbar. Die Ausbildung des Quarzes ist mannigfaltig. Es treten auf: gerundete Körner, eckige Bruchstücke und vollkommen idiomorphe Kristalle (Taf. 10, Fig. 1 u. 2). Meistens sind die Quarze verunreinigt und zeigen Einschlüsse von Limonit, Glimmerblättchen und Rutilnadeln.

b) Gips

Makroskopisch erkennbarer Gips hat sich im Bohrkern in Form von Lagen (Fasergips mit deutlicher Mittelnadt) und kompakt ausgeschieden. Dünnschliffbilder zeigen den Fasergips frei von Einschlüssen, während die körnige Ausbildung eine Unzahl von feinen Einschlüssen aller Größen aufweist. Bisweilen treten durch Druck verbogene Kristalle auf, auch die undulöse Auslöschung vieler Individuen deutet auf mechanische Beanspruchung hin.

c) Anhydrit

Im Vergleich zum Gips tritt Anhydrit nur untergeordnet auf. Die Anhydritkristalle sind durchweg von Gips umgeben und nicht selten von randlichen Spaltrissen aus vom Gips verdrängt. Besonders bemerkenswert sind auftretende kugelige Gebilde, die sich bei genaueren Untersuchungen als Anhydritknollen erwiesen; ihre Größe reicht von mehreren cm ϕ bis zu mikroskopischen Dimensionen. Letztere finden sich vereinzelt in Gipslagen des gesamten Bohrprofils. Eine erhebliche Anreicherung der mit bloßem Auge sichtbaren Knollen liegt zwischen 195 bis 200 m vor (Taf. 10, Fig. 3). An den größeren Individuen erkennt man, daß diese teilweise durch Risse infolge sekundärer Gipsbildung zerlegt sind. Dünnschliffbilder dieser Partien zeigen deutliche Flexuren der Kristallite, die eine Größe von durchschnittlich 100μ haben. Der Schluß liegt sehr nahe, daß es sich hier um primär eingeschwemmte Anhydritrelikte handelt, deren Gipsgehalt sekundär ist. (Eine genaue Untersuchung der Anhydritknollen erfolgt zur Zeit im Mineralogischen Institut der Universität Erlangen.)

d) Dolomit

Der Dolomit ist ein wesentlicher Bestandteil vieler untersuchter Proben. Die Verteilung ist dargestellt im Diagramm Abbildung 9; der Anteil in den einzelnen

Horizonten schwankt zwischen 0 bis 80 %. Hauptsächlich findet sich der Dolomit in den Fraktionen III (1,0—3,16 μ) und IV (3,16—10,0 μ).

e) Biotit

Dieser tritt in unterschiedlicher Größe (50 μ —3 μ) und schwankendem Pleochroismus auf. Mit Ausnahme der Biotite in Probe 12 (200—207 m) — die z. T. deutlich zweiachsig sind — erscheinen alle anderen einachsig. In Dünnschliffen senkrecht zur Schichtung waren durch Druck verbogene und aufgespaltene Biotite zu beachten.

f) Muskovit

Er läßt sich ebenfalls in vielen Proben nachweisen. Die Achsenwinkel $2V_a$ sind nicht konstant und schwanken zwischen 40 bis 46°.

g) Chlorite

Die Beobachtungen an größeren Kristallen lassen auf Glieder der Prochlorit-Reihe schließen; dafür spricht z. B. die hohe Lichtbrechung von 1,60 bis 1,62 und die niedrige Doppelbrechung (oftmals 0). In einigen Horizonten treten statt des Prochlorits der Pennin-Gruppe nahestehende Glieder auf.

h) Feldspäte

Orthoklase und Plagioklase finden sich in den tonigen Partien nur selten, und die Kristalle sind sehr klein. Auf Grund der Auslöschungsschiefe in der Zone senkrecht (010) handelt es sich bei den Plagioklasen um Kristalle mit rund 30 % Anorthit.

i) Illit

Als vorherrschendes Tonmineral finden sich in fast allen Proben Illite, und zwar angereichert in den feinen und feinsten Fraktionen (letztere bestehen zuweilen ausschließlich aus Illiten). Das Auftreten von Illit in Fraktionen über 3 μ muß auf Aggregatbildung zurückgeführt werden. Die Ausbildung der mit dem Phasenkontrastverfahren untersuchten Illite ist uneinheitlich. Normalerweise sind es unregelmäßig begrenzte Blättchen. Die Lichtbrechung liegt für n_γ bei 1,59, für n_a bei 1,56—1,57; nach GRIM (1953) dürfte es sich daher um Illite vom Muskovit-Typ handeln.

k) Schwerminerale

Das Schwermineralspektrum ist recht eintönig. Neben hauptsächlich Zirkon und Turmalin treten Apatit, Rutil (als Nadelchen in Quarz eingeschlossen) und Anatas nur untergeordnet auf.

Der Schwermineralgehalt der Sandsteine in der Teufe von 237,2 bis 245,0 m wurde bereits von SCHNITZER (1955) eingehend untersucht. Hierbei wurde zusätzlich noch Granat gefunden.

l) Die opaken Bestandteile

Als Zersetzungsprodukt tritt Limonit in einigen Horizonten verstärkt in Erscheinung. In feiner Verteilung färbt das Eisenhydroxyd einige Schichten und wirkt als Kittsubstanz störend bei der Aufbereitung der Proben.

Hämatit findet sich als körnige Komponente mitunter in den gröberen Fraktionen angereichert.

Auftretender Magnetit und Pyrit konnten im Dünnschliff durch Auflicht unterschieden werden.

Als organische Beimengung sind in einigen Horizonten, vornehmlich in einer sehr dunkel gefärbten Schicht der Estherienletten, bituminöse bis kohlige schlierige Partien zu erkennen.

6. Röntgenographische Untersuchung

Von sämtlichen Proben und deren Fraktionen $< 10,0 \mu$ wurden DEBYE-SCHERRER-Aufnahmen angefertigt, und zwar mit Kameras mit $57,3 \text{ mm } \phi$ und $114,6 \text{ mm } \phi$. Gearbeitet wurde mit FeK_α - und CuK_α -Strahlung. Aufnahmeserien von entsprechenden Eichmischungen ermöglichten halbquantitative Röntgenanalysen.

Da die übliche Vakuumkammer mit einem Durchmesser von $114,6 \text{ mm}$ keine befriedigenden Ergebnisse brachte, wurde die eigens für derartige Untersuchungen von JASMUND entwickelte neue Texturkamera, die genaue röntgenographische Aussagen zuließ, verwandt. Obgleich JASMUND (1956) schon auf die Vorteile dieser Kamera aufmerksam macht, soll auch an dieser Stelle auf die vorzügliche Eignung zur Identifizierung von Tonmineralen hingewiesen werden. So konnte z. B. der Corrensit in unseren Proben nur mit Hilfe dieser Kamera nachgewiesen werden. Bei den Texturaufnahmen wurde nur CuK_α -Strahlung (20 mA) angewandt. Bei einer Belichtungszeit von max. 15 Min. ergaben sich gut ausmeßbare Filme. Die mit dünnflüssigem Zaponlack auf Glasröhrchen geklebten Präparathäutchen wurden so hergestellt, daß sich auf einer Fläche von 1 cm^2 10 mg der zu untersuchenden Substanzen befanden.

Die Tonminerale

Illit ist besonders in den feinsten Fraktionen angereichert, die mitunter fast ausschließlich aus Illit bestehen. Der (060) -Reflex bei $1,50 \text{ \AA}$ läßt auf einen dioktaedrischen Illit schließen. Die Basisreflexe bei $10 \text{ \AA}$ und $5 \text{ \AA}$ verändern beim Erhitzen auf 550° und durch die Behandlung mit Glyzerin ihre Lage nicht.

Corrensit

Nachdem bereits HONEYBORNE (1951), STEPHEN & McEVAN (1951) auf ein neues, quellfähiges chloritisches Mineral in Keupertonen aufmerksam wurden, das von LIPPMANN (1953, 1956) nach weiteren Untersuchungen Corrensit benannt wurde, lag es nahe, auch die in dieser Arbeit behandelten Tone und Mergel daraufhin zu untersuchen.

Die Figur 4 auf Tafel 10 zeigt Texturaufnahmen der Proben X und 13, die mit der Kamera nach JASMUND (1956) aufgenommen wurden. Eindeutig ist vorhandener Corrensit neben Illit, besonders anhand der durch Glyzerinaufnahme bedingten Gitteraufweitung, zu sehen. Es wandern die Linien von $28,3 \text{ \AA}$ nach $32 \text{ \AA}$, von $14,2 \text{ \AA}$ nach $16,2 \text{ \AA}$ — wobei ein sehr schwacher Reflex bei $14,3 \text{ \AA}$ erhalten bleibt —, von $7 \text{ \AA}$ mit Intensitätszunahme nach $8 \text{ \AA}$; bei $7 \text{ \AA}$ bleibt ebenfalls ein sehr schwacher Reflex erhalten.

Auf Grund der Texturaufnahmen kann gesagt werden, daß eine relative Anreicherung nur in den Fraktionen $< 1,0 \mu$ vorliegt.

7. Die differentielle Thermoanalyse (DTA)

Von allen Proben, einschließlich der geschlämmten Fraktionen, wurden differentielle Thermoanalysen angefertigt. Die eingewogene Substanzmenge betrug jeweils 150 mg . Zum Vergleich wurden Mischungsserien entsprechender Minerale hergestellt.

Allgemeine Betrachtung der DTA-Aufnahmen

In den unbehandelten Proben ist feinverteilter Gips an seinem charakteristischen Verhalten am Kurvenanfang zu erkennen. Mehr oder weniger starke thermische Reaktionen zwischen 250 bis 500° C weisen auf vorhandenes organisches Material, Eisenoxyde und Pyrit hin; wobei schon Pyritgehalte von 1 % stark in Erscheinung treten. Die Quarzreaktion fällt oft in das den Tonmineralen (Illit, Chlorit, Corrensit) eigene Minimum, dessen Spitze zwischen 590 bis 620° C liegt. Ein weiteres Minimum und ein nachfolgendes Maximum zeigen die Tonminerale zwischen 800 und 900° C. Recht störend wirkt der Dolomitgehalt in Verbindung mit Tonmineralen. Die thermische Zersetzung $\text{MgCa}(\text{CO}_3)_2 \rightarrow \text{MgO} + \text{CO}_2 + \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ in die sonst deutlich voneinander getrennten Stufen bei 745—790° C und bei 870—940° C (Abb. 8) ist nur bei sehr hohen Dolomitgehalten zu beobachten. Sonst verliert dieser Effekt an Deutlichkeit, da wahrscheinlich Silikatbildung zwischen MgO, CaO und Kieselsäure auftritt. Schon LIPPMANN (1953) weist mit der DTA anhand von Mischungen aus Kalkspat und Quarz nach, daß es zur exothermen Silikatbildung zwischen CaO und SiO_2 kommt. Wird der störende Dolomitanteil mit 1 n HCl entfernt, so lassen die Kurven wieder eindeutige Aussagen zu (Abb. 4, Kurven c und d). Erwähnenswert ist noch, daß mit fallender Korngröße der Dolomitgehalt ebenfalls abnimmt. Sein Maximum erreicht er in den Fraktionen III und IV, während die kleineren Korngrößenklassen oft frei von Dolomit sind.

8. Die Dilatometeranalyse

Eine gute Übersicht über die Zusammensetzung der Proben ergaben Dilatometeraufnahmen. Zur Verfügung stand eine Apparatur nach FORKEL (1955). Da derartige Analysen relativ hohe Einwaagen (~ 12 g) erfordern, konnten nur ungeschlämmte Substanzen untersucht werden. Die hohe Empfindlichkeit der Apparatur (Übersetzungsverhältnis 1 : 1000, Aufheizgeschwindigkeit 1° C pro Min.) zeigte, daß sich auf Grund der Mineralgehalte die einzelnen Horizonte in verschiedene Gruppen einteilen lassen. Eine exakte quantitative Analyse war nicht möglich, da sich von sehr komponentenreichen Proben die dafür benötigten Wirkwerte nicht ermitteln lassen; doch sind halbquantitative Aussagen durchaus vertretbar, wenn die Reaktionsbereiche der entsprechenden Minerale in den Bereich der durchfahrenen Temperatur fallen; bei Dolomit ist dies z. B. nur bedingt der Fall.

Um die Kurven einfacher erläutern zu können, sollen zunächst charakteristische Kennzeichen an den Dilatometerkurven der auftretenden Tonminerale besprochen werden.

Im Temperaturbereich von 100 bis 200° C zeigt sich oft eine beträchtliche Schwindung. Sie rührt daher, daß das aufgenommene locker gebundene Wasser — wie auch DTA-Aufnahmen zeigen — entfernt wird. Die Größe dieses Minimums ist naturgemäß abhängig vom Durchfeuchtungsgrad des Preßkörpers, sie gibt aber dennoch wertvolle Hinweise auf die Beschaffenheit und — bedingt — auch auf die Menge der vorhandenen Mineralart. Dieser Schluß ist insofern berechtigt, als beim Anfertigen der gepreßten Proben möglichst konstante Bedingungen eingehalten wurden. Frühere Versuche ließen schon erkennen, daß eine auftretende starke Schwindung, im angegebenen Temperaturintervall, ein erstes Charakteristikum für quellfähige Tonminerale ist.

Glimmerähnliche Tonminerale (Illit) wirken bei Temperaturen zwischen 570 bis 670° C durch eine auftretende verstärkte Dehnung. Da in diesem Temperaturbereich andere Tonminerale (Montmorillonitgruppe, Kaolingruppe) zum Teil starke Schwindungen zeigen, kann der Illit nur in günstigen Mineralgemischen erkannt werden. Die Reaktion des Quarzes (Dehnung bei 573° C) fällt ebenfalls in dieses Intervall (Abb. 7, Probe X) und verdeckt den Illitgehalt. Ob nun die Dehnung auf Quarz oder Illit zurückzuführen ist, läßt sich leicht entscheiden, wenn man den Rücklauf der Dehnungskurve beim Abheizen betrachtet, da hier der Quarz an der gleichen Stelle abermals in Erscheinung tritt.

Die Anwesenheit von Chloriten ist ersichtlich aus der einsetzenden Dehnung um 700° C und der nachfolgenden Schwindung oberhalb 750° C. Zu beachten ist hierbei jedoch der Dolomitgehalt!

An Dehnungskurven von Dolomiten ist die erste Zersetzung bereits bei einer Temperatur von 680° C erkenntlich. Sie äußert sich mit steigender Temperatur in einem starken Anwachsen der Dehnung, die sich auch beim Abheizen fortsetzt und erst wieder bei 680° C zum Stillstand kommt. Die Dehnungskurve zeigt an dieser Stelle einen Wendepunkt. Der Betrag dieser Dehnung ist ein Kriterium über den ungefähren prozentualen Anteil des Dolomits an der gesamten Probe (Abb. 6). Das Vorhandensein von Chlorit wird nur deutlich sichtbar, wenn seine Schwindung die Ausdehnung des Dolomits kompensiert oder übersteigt (Abb. 7), dadurch entstehen in den Dehnungskurven bisweilen Schleifen. Glimmer (Muskovit, Biotit) sowie Feldspäte lassen sich mit unserer Apparatur noch nicht identifizieren, da ein Effekt erst bei höheren Temperaturen auftritt. (Die Apparatur wird z. Z. auch für höhere Temperaturen ausgebaut.)

Das Verhalten des Corrensits im Dilatometer

Die Abbildung 2 zeigt das Dehnungsverhalten einer Probe, in der neben Illit der Corrensit stark angereichert ist. Es handelt sich um eine Probe des Röt vom Hünstollen, Göttinger Wald (Fraktion $< 2 \mu$), die freundlicherweise von Herrn Prof. CORRENS zur Verfügung gestellt wurde (entspricht Probe 4 in: F. LIPPMANN 1956, S. 125—139).

Die erste starke Schwindung von rund 2 % weist, wie bereits ausgeführt, auf das Vorhandensein eines stark quellfähigen Tonminerals hin. Im weiteren Verlauf steigt die Kurve nur geringfügig an. Nach 510° C deutet sich eine Schwindung des quellfähigen Materials an, die durch den vorhandenen Illit verdeckt wird, dem auch das Maximum bei 575° C zugerechnet werden muß. Die angeführte Schwindung wird soweit kompensiert, daß nur noch das Minimum bei 625° C übrigbleibt. Der im Rücklauf nur angedeutet sichtbare Quarzgehalt reicht nicht aus, um die Illitreaktion bei 575° C überhaupt zu beeinflussen. Die erhaltenen Dilatometerkurven des Corrensits sind den von FORKEL (1955) aufgenommenen Dehnungskurven des Bentonits von Geisenheim sehr ähnlich. Das Dehnungsverhalten des Corrensits ist in dem betrachteten Bereich also analog dem eines Montmorillonites, obgleich die Röntgendiagramme voneinander abweichende Reflexe zeigen. Die untersuchte Probe von Geisenheim hat eine Zusammensetzung von 80 % Montmorillonit, 13 % glimmerartigen Tonmineralen und 7 % Quarz. Ein anderer, ebenfalls analysierter Montmorillonit (Bentonit von Zypern) weist keine glimmerähnlichen Minerale auf. Beim Vergleich der beiden Montmorillonitkurven (Abb. 2) zeigt sich folgendes: Der glimmerartige Anteil bewirkt durch seine Dehnung bei 570° C, daß das eigentliche bei

ungefähr 500 °C beginnende Minimum des Montmorillonits überkompensiert wird und erst verflacht später in Erscheinung tritt.

Vergleicht man andererseits den Geisenheimer Bentonit mit der Corrensitprobe, so läßt sich aus dem ähnlichen Verlauf beider Kurven im betrachteten Temperaturbereich aussagen, daß der Illitgehalt dieses Maximum bewirkt und daß der Illitanteil in den Proben größenordnungsmäßig übereinstimmen dürfte.

9. Die Untersuchung der Horizonte

Auf Grund der verschiedenen Analysenergebnisse zeigte sich, daß die Gesamtheit der Proben in einige Gruppen zusammengefaßt werden kann. Die Schwankungen der prozentualen Mineralgehalte sind in ihnen zum Teil

Abb. 2. Dehnungskurven:

- a) stark corrensitthaltige Probe aus dem Röt, Göttinger Wald
- b) Bentonit von Geisenheim
- c) Bentonit von Zypren.

erheblich, doch können sie im wesentlichen auf die recht unterschiedlichen Gips- und Dolomitgehalte zurückgeführt werden.

Die Kornverteilungsdiagramme berücksichtigen jeweils die Zusammensetzung der Proben ohne den Gipsanteil. Dieser wird im Verhältnis zu Dolomit und toniger Substanz gesondert dargestellt (Abb. 9). Die Substanzmenge in der Fraktion $< 0.3 \mu$ erreicht in einigen Fällen fast 30 % der gesamten geschlämmten Probe. Da diese Korngrößenklasse mit den vorhandenen Mitteln nicht weiter aufgeteilt werden konnte, wurde ihr Anteil über zwei Bereiche im Blockdiagramm dargestellt.

Probe 1 (145 bis 148 m):

Das Kernmaterial beginnt bei 145 m mitten in den Estherienschiefern. Der makroskopische Gipsgehalt ist hier von allen Horizonten am größten (~ 50 %). Faser-gipslagen wechseln mit grobkristallinen, von Tonen durchsetzten Partien und gipsfreien Lagen. Der durch die Schlämmanalyse gelöste Gipsanteil der „gipsfreien“ Lagen betrug 4,6 %.

Die Dilatometerkurve (Abb. 3) gibt einen ersten Hinweis auf die Zusammensetzung der Proben. Die starke Schwindung bei 100° C deutet auf das Vorhandensein eines quellfähigen Minerals hin. Ferner lassen sich Illit, Dolomit und Chlorit erkennen.

In der DTA-Kurve (Abb. 4) macht sich am Anfang ein geringer Gipsgehalt durch sein charakteristisches Verhalten bemerkbar. Das kleine Maximum ist Verunreinigungen oder Pyrit zuzuschreiben, während die nachfolgende endotherme Reaktion einem Illit und Chlorit zukommt. Ein Dolomitgehalt wirkt durch seine endotherme Reaktion zwischen 760 und 890° C. Er muß groß sein, da beide Minima sehr deutlich sichtbar sind. Dadurch wird der endotherme Bereich des Illits und Chlors beeinflusst, aber er deutet sich dennoch um 860° C an und tritt zuletzt

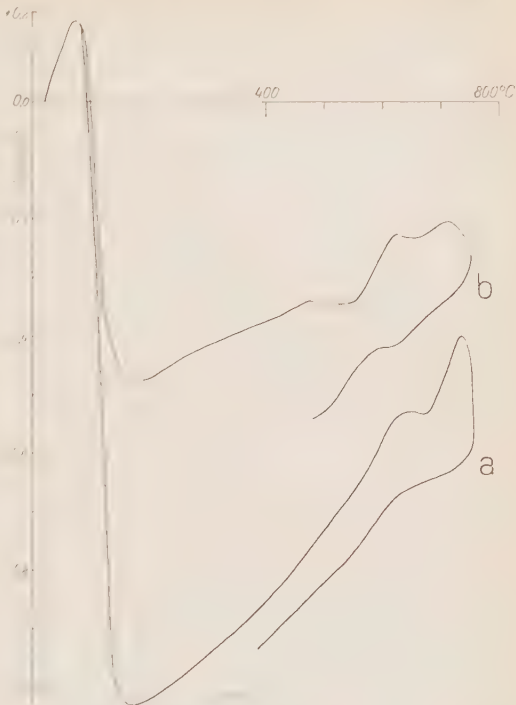


Abb. 3. Dehnungskurven:
a) Probe 1; b) Probe 2.

auch im Maximum oberhalb 900° C abermals auf. Ob die Höhe und die Form dieses exothermen Effektes nur den Tonmineralen oder aber auch teilweise der Bildung von

Silikaten entspricht, ist nur durch Salzsäurebehandlung und nachfolgende erneute DTA-Aufnahme zu entscheiden. Weitere Aufschlüsse ergaben die Kurven der einzelnen geschlämmten Fraktionen.

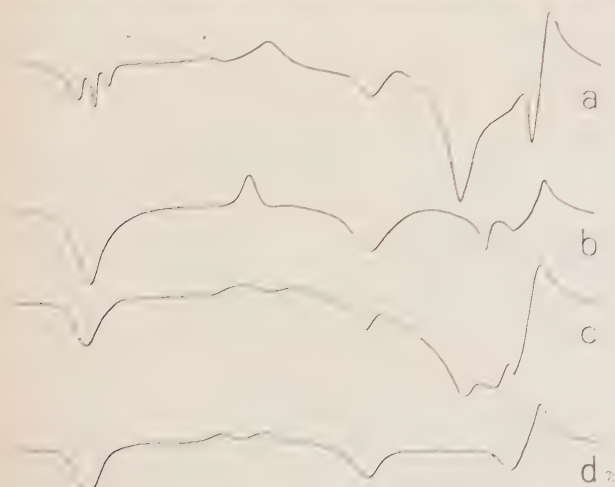


Abb. 4. DTA-Kurven:
a) Probe 1;
b) Probe 2;
c) Probe 3;
d) Probe 3 mit 1 n HCl behandelt.

Corrensit konnte mit Texturaufnahmen nur in der kleinsten Fraktion nachgewiesen werden.

Die mit den verschiedenen Methoden (Dilatometer, DTA, Röntgen, Mikroskop) gewonnenen Ergebnisse sind in der folgenden Zusammenstellung nebeneinander aufgezichnet und gestatten gleichzeitig eine Übersicht über die Qualität der einzelnen Bestimmungen:

Probe 1 (145 bis 148 m):

	Dil. ges. Pr.		DTA				röntgenogr.			mikroskop.				Gesamtgehalt n. allen Methoden
	I		II	III	IV		I	II	III	III	IV	V	VI	
Illit	} 30	} 75	} 30—40	15	10	} 80—90	} 40	5—10	17					31
Corrensit														
Chlorit	20	20	30	10				30		10	15	7		16
Dolomit	40	5	30—40	60	50	10	30	50	62	54	38	+		41
Quarz	10				10		5	10	7	18	48	+		7
Biotit											2	2		1
Aggregate										3	4			1
Opak										3	5	3		
Rest										1	2	1		3

Ein Dünnschliff (Nr. 834) aus einer Gipslage dieser Probe zeigte zwischen Faser-
gipsschnüren unregelmäßige Gipskristalle. Akzessorisch treten im Gips auf: Zirkon, Biotit
und Anatas; Anhydrit ist nicht vorhanden. Durch Diagenese sind die Gipskristalle zum
Teil verbogen und zeigen undulöse Auslöschung.

Probe 2 (148 bis 149 m):

Diese Probe unterscheidet sich rein äußerlich schon von Probe 1 durch ihre dunkel-
rotbraune Farbe und den geringeren Gipsgehalt (10,0% aus der geschlämmten Probe
gelöster Gips 0,9%). Die Dilatometerkurve läßt erkennen, daß der Anteil an quell-
fähigem Material und Dolomit kleiner, der an Illit und Quarz jedoch größer geworden
ist (Abb. 3).

Die DTA-Kurve (Abb. 4) zeigt ein analoges Bild. Corrensit tritt nur in der
kleinsten Fraktion auf. Die genaue Zusammensetzung gibt die Tabelle 2 (S. 86/87) an.
Die Werte ergaben sich — soweit wie möglich — als Mittelwerte der entsprechenden
Untersuchungsverfahren.

Der Dünnschliff (Nr. 835) einer Gipslage läßt wieder zahlreiche Einschlüsse er-
kennen. Zirkon ist kaum noch vorhanden. Es treten Quarze auf, deren Gestalt oft
nahezu idiomorph ist. Der Biotit ist teilweise zersetzt. In kleinen Nestern kommt ferner
Anhydrit vor.

Proben 3, 4 und 5 (149 bis 173 m):

Die analytischen Ergebnisse rechtfertigen die Zusammenfassung dieser Proben in
eine Gruppe, wenn auch der makroskopische Gipsanteil sehr verschieden ist. So weisen
Probe 3 (149 bis 155 m) 35%, Probe 4 (155 bis 162 m) 0% und Probe 5 (162 bis
173 m) 14% Gips auf. Der chemisch ermittelte Gipsgehalt war für Probe 3: 0,23%,
für Probe 4: 2,93% und für Probe 5: 0,46%.

Anhand der Dilatometerkurven erkennt man, daß der in Probe 3 noch deutlich vorhandene Prozentsatz quellfähigen Materials (rund 10 %) in den Proben 4 und 5 merklich abnimmt. Der Dolomitgehalt ist sprunghaft angestiegen und liegt zwischen 36 und 27 %.

Im einzelnen ergeben die Dilatometerkurven folgende Mineral-Zusammensetzung:

	Probe 3	Probe 4	Probe 5
Illit	30	40	30
Corrensit	10	8	5
Chlorit	10	10	10
Dolomit	30—40	20	25—30

In den Kurven der DTA überwiegt der Einfluß des Dolomits (Abb. 4, S. 69), seine Entfernung mit 1 n HCl läßt die Tonminerale wieder in Erscheinung treten (Abb. 4, d). Nur in der Probe 5 (162 bis 173 m) ist der Dolomit auch in der feinsten Fraktion vertreten, sonst erreicht er allgemein in allen Proben sein Maximum in den Klassen III und IV (1,0—10,0 μ).

Corrensit konnte mit Texturaufnahmen in den kleinsten Fraktionen beobachtet werden und tritt erstmalig auch in der Korngrößenklasse II (0,3—1,0 μ) auf, wenn auch nur mit sehr schwacher Intensität.

Die Zusammensetzung der Probe 5 zeigt Tabelle 2, S. 86/87.

Dünnschliffuntersuchung

Probe 4 (155 bis 162 m): Der entsprechende Schliff stammt aus dem feingeschichteten Mergel, und zwar senkrecht zur Schichtung. Die Schichtung geht aus dem Schliffbild gut hervor durch die Verteilung der größeren Kristalle (hauptsächlich Quarz), die an Grenzen durch Schweretrennung im Sediment angereichert sind. Mit einigen Ausnahmen sind die Quarze abgerundet und zeigen nur wenige Einschlüsse. Die Grundmasse ist zu dicht und feinkörnig für mikroskopische Bestimmungen. Auftretende Biotite liegen ebenfalls parallel zur Schichtung. Als Schwerminerale treten Turmalin und Zirkon auf. Einige regelmäßig umgrenzte Kristalle erwiesen sich im Auflicht als Pyrit.

Probe 5 (162 bis 173 m): Im Schliff erkenntliche große Gipskristalle sind umgeben und teilweise durchsetzt von tonigem Material; andererseits sind tonige Partien durchsetzt von feinen Gipsnadeln. Anhydrit tritt fein verteilt, aber auch in kleinen Nestern, in den Gipskristallen auf. Am bemerkenswertesten sind jedoch die eingelagerten Quarze (Größe 30—40 μ , vereinzelt auch $\sim 100 \mu$). Ihre Ausbildung ist meistens vollkommen idiomorph (Taf. 10, Fig. 1), sie schwimmen oft frei in den Gipsen. Die zahlreichen Einschlüsse bestehen aus Limonit und Glimmerschüppchen, bisweilen lassen sich auch Rutilnadeln erkennen. Kleine unregelmäßige Quarze, die sonst reichlich im ganzen Schliff verteilt sind, finden sich in unmittelbarer Umgebung der großen Kristalle nur noch relativ wenig. Alle Anzeichen deuten auf Bildung im Sediment hin.

Proben 6, 7 und 8 (173 bis 190 m): Gips ist sichtbar nicht mehr vorhanden, der chemisch ermittelte Gehalt belief sich auf: Probe 6 (173—173,6 m) 1,58 %, Probe 7 (173,6—182,5 m) 1,36 % und Probe 8 (182,5—190 m) 0,25 %. Die Dilatometerkurven (Abb. 6) geben wieder einen Anhaltspunkt über die Zusammensetzung der Proben und lassen die Beziehungen untereinander erkennen. Charakteristisch ist das Dehnungs-

verhalten des Dolomits, der in Probe 6 am stärksten vertreten ist. Tonminerale machen sich in den Kurven b und c eindeutig bemerkbar.

Vergleich der Dehnungskurven

	Probe 6	Probe 7	Probe 8
Dolomit	80	45—50	25—30
Illit		30	40—50
Quarz	10	10	20
Chlorit		5	10

Die Bilder der Differentialthermoanalyse ergeben nichts wesentlich Neues, wenn man davon absieht, daß Probe 6 ein reines Dolomitalagium mit wenig Quarz zeigt.

Tonminerale lassen sich auch nach der Einwirkung von Salzsäure in Probe 6 nicht ermitteln. In Proben 7 und 8 treten auch nur die bisher üblichen Mineralvergesellschaftungen auf; bei den Glimmern handelt es sich hier um Muskovit. — Corrensit ist nicht mehr vertreten.

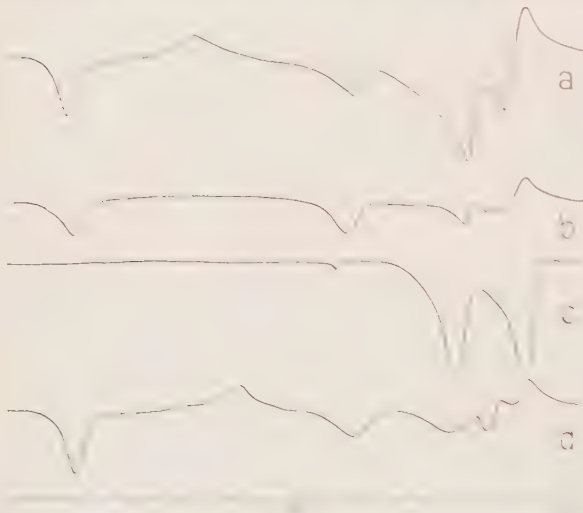


Abb. 5. DTA-Kurven:
a) Probe 5; b) Probe 5/I;
c) Probe 6; d) Probe 9.

Dünnschliffuntersuchung

Probe 6 (173 bis 173,6 m): In der körnigen Grundmasse aus Dolomit (durchschnittliche Größe 4 μ) liegen mehr oder weniger gut gerundete Quarze eingebettet, deren Anteil rund 14 % ausmacht. Glimmer ist mit 4, Feldspat mit 1, Pyrit mit 3 % vertreten. Der Rest von 78 % entfällt auf den Dolomit.

Probe 8 (182,5 bis 190 m): Der ganze Schliff ist hell- bis dunkelbraun gefärbt. Die Färbung geht aus von opaken, unregelmäßigen Körnern, deren genaue optische Daten nicht bestimmt werden konnten, wobei es sich jedoch um Eisenhydroxyd handeln dürfte, der als Kittmittel die einzelnen Körner verbindet. In der feinkörnigen Grundmasse sind neben reichlich vorhandenen Dolomithomboedern Einsprenglinge von stark gerundeten Quarzen und einigen ebenfalls gerundeten Schwermineralen zu sehen.

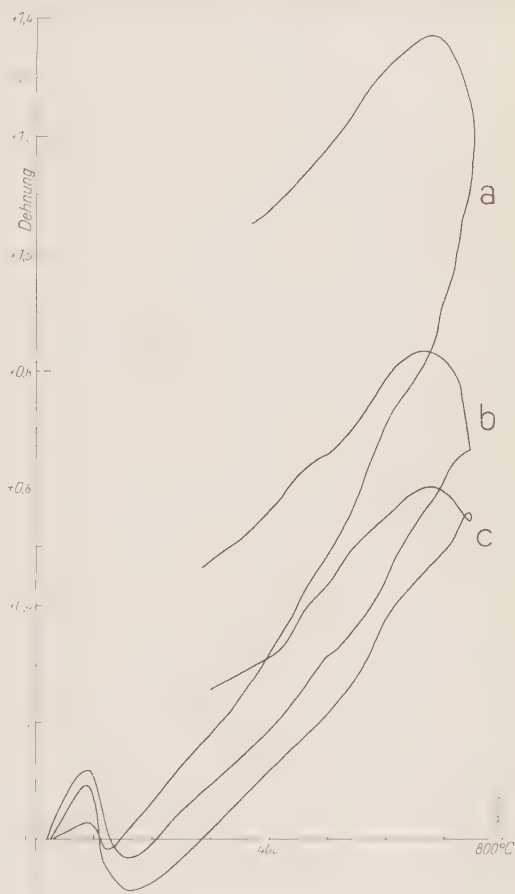
Proben 9, 10 und 11 (190 bis 200 m): Durch die Bohrkern der Proben 9 und 10 zieht sich eine senkrechte Fasergipslage von ~ 1 cm Mächtigkeit. Die Probe 11 endet

bei 200 m mit einer massigen, zum Hangenden unregelmäßig begrenzten Gipslage. Im oberen Teil des Bohrkernes sind die bereits erwähnten Anhydritknollen vertreten. Die Figur 3 auf Tafel 10 zeigt einen Ausschnitt jener Zone, und zwar den oberen Teil. Deutlich erkennt man, daß die größten Knollen durch feine, z. T. verästelte Risse zerlegt worden sind. Die Sprengwirkung wird durch sekundäre Gipsbildung hervorgerufen. Zerstört man vorsichtig den Sedimentationsverband, so zerfallen jene Stücke auch an den entsprechenden Rissen, während die anderen unveränderten Anhydritpartien außerordentlich fest sind.

In den untersten Lagen um 200 m waren keine Anhydritknollen feststellbar. Diese Gebilde treten vielmehr erst nach einer scharfen, aber unregelmäßigen Grenze auf und haben hier nur einen Durchmesser von wenigen Millimetern. Mit abnehmender Teufe jedoch wächst ihr Durchmesser bis zu einigen Zentimetern. Eine scharfe Grenze beendet die Anhydritführung bei rund 195 m nach oben (die Fig. 3 auf Taf. 10 zeigt diese Grenze). Das zwischen 195 bis 200 m auftretende 6 cm starke kompakte Gipsbänkchen liegt unterhalb der Anhydritzone und steht in keiner Verbindung mit dieser.

Der Dolomitanteil verteilt sich folgendermaßen: Probe 9 (190—193 m) 15 ‰, Probe 10 (193—195 m) 25 ‰ und Probe 11 (195—200 m) 35 ‰.

Abb. 6. Dehnungskurven:
a) Probe 6; b) Probe 7; c) Probe 8.



Corrensit tritt wieder in den feinsten Fraktionen auf und ist in der Texturaufnahme der Probe 11 am deutlichsten zu erkennen. Die Konzentration ist jedoch nicht mehr so groß wie in den bisher besprochenen Proben.

Die Dehnungskurven weisen keine großen Abweichungen voneinander auf. Es ergeben sich folgende Mineralgehalte auf Grund der Dilatometerkurven:

	Probe 9	Probe 10	Probe 11
Illit	40	40	30—35
Corrensit	5 ?	10	5
Chlorit	20	10	20
Dolomit	20	25	35
Quarz	10	15—20	5
Kaolin ?	?	5 ?	

Die Horizonte der Proben 9, 10, 11 und 3, 4, 5 sind also in ihrer Zusammensetzung verwandt, wenn man von Gips- bzw. Anhydritgehalt absieht; dies konnte auch durch die anderen Methoden nachgewiesen werden.

Probe 12 (200 bis 207 m): Die Kerne dieser Schicht sehen sehr unterschiedlich aus. Grauer Letten im oberen Teil wechselt mit graugrünen und roten schliefrigen Lagen. Ferner treten dunkelgraue Schichten auf. Etwas Gips ist nur in dünnen Lagen (unter 1 mm) vorhanden. Helle Steinmergelbänkchen werden teilweise durchzogen von Lettenfasern. Gegen das Liegende wird die Probe immer sandiger und endet in einer graugrünen, sandigen Bank.

Die Untersuchungen ergaben, daß die Letten sich in ihrer mineralogischen Zusammensetzung nicht von den bisher behandelten Horizonten wesentlich unterscheiden. Corrensit tritt allerdings nicht mehr auf. In der sandigen Bank sind sehr viele kleine Glimmerschüppchen vertreten. Die Menge der in der Horizontalen eingeregelter Glimmer bewirkt eine auffallende Festigkeitsanisotropie; der Kern läßt sich daher leicht in einzelne Schichten zerlegen. Im Streupräparat erschienen die Blättchen mehr oder weniger grün mit schwankendem Pleochroismus, auch konnte konoskopisch mitunter ein kleiner Achsenwinkel erkannt werden. Eine Röntgenaufnahme von isolierten Kristallen ergab deutlich, daß es sich hierbei um Biotit handelte.

Bei der Dilatation trat nur der Einfluß des Quarzes klar in Erscheinung.

Ein graues Steinmergelbänkchen mit Lettenfasern wurde im Dünnschliff Nr. 538 untersucht. Die Grundmasse besteht aus eckigen Quarzkörnern, die fast ausnahmslos kleine Einschlüsse von Chlorit oder seltener auch Rutil zeigen, und etwas Orthoklas. Vorhandener Gips liegt meist in der Nähe der tonigen Partien und weist im Inneren bisweilen Anhydritkristalle auf. An einigen Stellen ist zu erkennen, daß der Anhydrit nachträglich in Gips umgewandelt wurde. Durch die dadurch auftretende Volumenzunahme sind die tonigen Lagen auseinandergedrängt worden. Plagioklase treten nur ganz selten auf. Auffallend dagegen ist wieder die überaus große Zahl der Glimmer. Da der Schliff senkrecht zur Schichtung geschnitten ist, sind sie alle nur mit einer ihrer Prismenkanten zu sehen und zeigen dementsprechend einen starken Pleochroismus. Durch die sekundäre Gipsbildung sind sie zum Teil stark verbogen oder geknickt. Als akzessorische Minerale finden sich kurzprismatische Zirkone, langprismatische Turmaline, Apatit und einige opake Körner.

Ein dunkler, grauschwarzer, gipsfreier sandiger Letten wurde in seine Korngrößen zerlegt und anschließend der Differentialthermoanalyse unterworfen.

Bemerkenswert ist das starke exotherme Maximum bei 360 °C und das langsame Abklingen bei 500 °C. Diese Reaktionen müssen auf das Verbrennen von organischen Beimengungen zurückgeführt werden. Die gebrannte Probe zeigte eine erhebliche Schwindung und war nur noch hellbraun gefärbt. In der Fraktion 3–10 μ ist dieser Effekt nur noch angedeutet, und in der nächstgrößeren Klasse tritt er gar nicht mehr auf. Röntgenographisch waren nur die Reflexe der bekannten Minerale zu sehen. Die Phasenkontrastmethode, soweit sie wegen der Kleinheit der Partikel noch angewandt werden konnte, ließ unregelmäßig begrenzte, schwarze, kleine Aggregate oder Einzelkörnchen erkennen. Die Zusammensetzung der Probe gibt das Blockdiagramm Abbildung 14, Seite 89 an.

Proben 13, 14 und 15 (207 bis 228 m): Der relativ hohe Prozentsatz von feinverteiltem Gips in diesen Proben wirkte sich störend bei der Aufbereitung der Proben aus und mußte erst durch oftmaliges Dekantieren entfernt werden. Die Analysen ergaben für Probe 13 (207–215 m) 7,3 % Gips, Probe 14 (215–224 m) 20,0 % Gips,

Probe 15 (224—228 m) 19,2 % Gips; außerdem wiesen Proben 13 und 15 je eine 6—7 mm starke Fasergipslage auf.

In den zur thermischen Dilatation verwendeten Proben ist der Gips durch eine starke Schwindung im Bereich zwischen 100—200 °C erkennbar und überlagert damit die Wirkung eventuell vorhandener quellfähiger Minerale. Ob in den Proben auch Corrensit auftritt, konnte mit dem Dilatometer nicht einwandfrei nachgewiesen werden, da der Illitanteil wieder der Schwindung bei höheren Temperaturen entgegenwirkt. Der Dolomitgehalt liegt unter 2 % und tritt nicht mehr merkbar in Erscheinung.

Mineralgehalte auf Grund der Dilatometeranalyse:

	<u>Probe 13</u>	<u>Probe 14</u>	<u>Probe 15</u>
Illit	50	30	40
Chlorit		10	5 ?
Quarz	10	30	20
Gips	10	20	20

Da bei der DTA auftretender Gips den Nachweis anderer Minerale nicht stört, ergeben die Kurven eindeutigere Bilder, zumal auch der Dolomit keinen oder nur einen untergeordneten Einfluß auf den Verlauf der Kurven ausübt. Mit kleinen, unbedeutenden Schwankungen ist die Zusammensetzung der Proben gleich, dies geht sowohl aus der DTA als auch aus den Röntgenaufnahmen hervor. Die Kornverteilung stimmt ebenfalls überein.

Die Differentialthermo-Aufnahmen der feinsten Fraktionen stimmten mit dem von LIPPMANN (1954) aufgenommenen Diagramm der feinsten Fraktion des Tones von Zaisersweiher überein und läßt die Verwandtschaft der Proben erkennen. Der Corrensit ist so angereichert, daß er sich erstmalig auch in den größeren Klassen (bis 3,16 μ) nachweisen ließ.

Als Beispiel dieser Gruppe sei die genaue prozentuale Zusammensetzung der Probe 14 in Tabelle 2 auf Seite 86 angegeben.

Proben 16, 17, 18, 19 und 20 (228 bis 237,2 m): Diese letzten 9,20 m des Bohrkernes bis zum Auftreten des ersten Sandsteinhorizontes stimmen in ihrer Zusammensetzung wieder überein (eine nur 2 cm starke Steinmergelbank soll außer acht gelassen werden). Die Einteilung in verschiedene Lagen oder Proben ist nur durch ihre unterschiedliche Färbung gerechtfertigt, da die Horizonte entweder grau oder dunkelrot aussehen, oder durch den schwankenden Dolomitgehalt; dieser nimmt gegen das Liegende stark ab. Der Gipsanteil beschränkt sich auf einige grobkristalline Lagen, die mit Ausnahme bei Probe 20 gut ausgehalten werden konnten. Die Dehnungskurven der Proben 16—19 zeigen wieder einen eindeutigen Verlauf und lassen vorhandenen Corrensit erkennen. (In Probe 20 stört der Gips den Corrensit-Nachweis.) Vergleicht man die erste Schwindung zwischen 100—200 °C mit den Schwindungen der anderen, bereits besprochenen corrensithaltigen Proben, so kommt man auf einen ungefähren Gehalt von 20 % Corrensit.

Mineralgehalte auf Grund der Dilatometerkurven

	<u>Proben 16, 17, 18</u>	<u>Probe 19</u>	<u>Probe 20</u>
Illit	30	30	20
Corrensit	20	20	10
Chlorit	10	5	15

	Proben 16, 17, 18	Probe 19	Probe 20
Dolomit	20	5	5
Quarz	10	10—15	15
Gips			20

Den Mineralgehalt der Probe 17 (230 bis 232 m) zeigt die Tabelle 2 auf Seite 57.

Proben 21, 22, 23 und 24 (237,2 bis 245 m): Die verbleibenden 7,80 m bis zur Endteufe des Bohrkerns setzen sich zum größten Teil aus festen, karbonatisch gebundenen Sandsteinen zusammen. Diese Sandsteine sind bereits von SCHNITZER (1955) auf ihren Mineralgehalt eingehend untersucht, die feinkörnigen grünen und roten Lettenlagen zeigen folgende Mineralzusammensetzung: Die Karbonatführung ist innerhalb der einzelnen Horizonte sehr schwankend. In einer Schicht der Probe 23 erreicht sie ihr Maximum mit rund 45 %; durchschnittlich liegt sie jedoch um 10 %.

Die Gipsführung beschränkt sich auf wenige, nur einige Millimeter starke Faser-gipsgängen, oft ist nur ein Gipsanflug zu beobachten. Der in den Filtraten der Schlämmanalyse gelöste Gips liegt in allen Fällen unter 0,5 %. Der Chloritgehalt steigt auf 25 bis 30 % und bewirkt zusammen mit dem Dolomit in den Dehnungskurven wieder eine Schleife zwischen 700 und 750° C. Die auftretenden Schwindungen im Bereich zwischen 100 bis 200° C liegen ebenfalls in der gleichen Größenordnung. Die Folgerung, daß der Corrensit diese Minima hervorruft, kann jedoch nicht bestätigt werden, da die Texturaufnahmen keinerlei dementsprechende Reflexe zeigen. Also muß hier in geringer Konzentration ein anderes, quellfähiges Mineral vorliegen. Durch den beträchtlichen Illit- und Quarzgehalt wurden weitere Reaktionen dieses Minerals verdeckt. Anhand einiger schwacher röntgenographischer Reflexe konnte mit einiger Wahrscheinlichkeit auf Montmorillonit geschlossen werden. Ein geringer Kaolingehalt konnte gleichfalls nur durch Röntgenaufnahmen identifiziert werden.

Mineralgehalte auf Grund der Dilatometerkurven

	Probe 21	Probe 22	Probe 23
Illit	30	35—40	30
quellfähiges Material	5	5	10
Chlorit	30	20	20
Dolomit	10	10	10
Quarz	20	10	15

Die Oberflächenschürfproben

Proben X, Y und Z (Estherien- und Myophorienschichten von Windsheim): Im Gegensatz zum untersuchten Kernmaterial handelt es sich hier um Proben, die infolge ihrer Lage jeglichen Oberflächeneinflüssen ausgesetzt waren. Die bröckelig-schieferigen Stücke ließen sich dementsprechend gut aufbereiten.

Das Probegut wurde so genommen, daß die Horizonte den untersuchten Kernschichten des Bohrprofils entsprechen. Dabei dienten die Bleiglanz- und die *Acrodus-Corbula*-Bank als Leithorizonte.

Äußerlich gleicht sich das Probegut; es ist grau und zeigt nur an den Schieferungsflächen bisweilen eine braune Färbung. Mit Salzsäure ist eine schwache CO₂-Entwicklung festzustellen.

Die Abbildung 7 stellt die Dehnungskurven der Proben X (Myophorienschichten) und Z (Estheriensichten) dar. Wie Texturaufnahmen bewiesen, sind die ersten Schwindungen wieder einem Corrensitgehalt zuzuschreiben. Dieser dürfte in X rund 20 %

und in Z rund 10 % betragen. Unterschiedlich ist besonders der Dolomit-Anteil, wie aus den Diagrammen hervorgeht. Die nicht abgebildete Dilatationskurve der Probe Y wies sich durch einen höheren Prozentsatz an Dolomit und niederen Corrensit-gehalt aus.

Mineralzusammensetzung auf Grund der Dehnungskurven

	<u>Probe X</u> (Myophorienschichten, 10 m über Bleiglanzbank)	<u>Probe Y</u> (Myophorienschichten, 10 m unter <i>Acrodus-Corb.-Bank</i>)	<u>Probe Z</u> (Estherienschichten)
Illit	25	20	30
Corrensit	20	10	10
Chlorit	15	15	10
Dolomit	10	40	25
Quarz	20	10	20

Die weniger empfindliche DTA gibt nicht so deutliche Bilder (Abb. 8), da sich die einzelnen Komponenten gegenseitig beeinflussen und z. T. miteinander reagieren. Der Quarz fällt in allen Aufnahmen mit seinem Effekt in das dem Illit, Chlorit und Corrensit zugehörige Minimum bei 600° C. Während Probe X nur einen angedeuteten Dolomitausschlag zeigt, sind solche in Y und Z vorhanden. Daß in Y mehr Dolomit als in Z ist, ist aus dem Minimum vor 800° C ersichtlich. Das andere Minimum unterhalb 900° C eignet sich für diese Feststellung nicht, da es in Probe Y wegen der einsetzenden exothermen Reaktion des Chlorits und Corrensits (oder wegen exothermer Silikatbildung) nicht voll in Erscheinung treten kann. Vorhandener Corrensit und Chlorit deuten sich durch ein kleines Minimum um 850° C an. In Probe Z ist nach der Dilatometer-Analyse wenig Chlorit und nur 10 % Corrensit enthalten. Diese Mengen reichen nicht aus, die 2. endotherme Reaktion des Dolomits wesentlich zu beeinflussen.

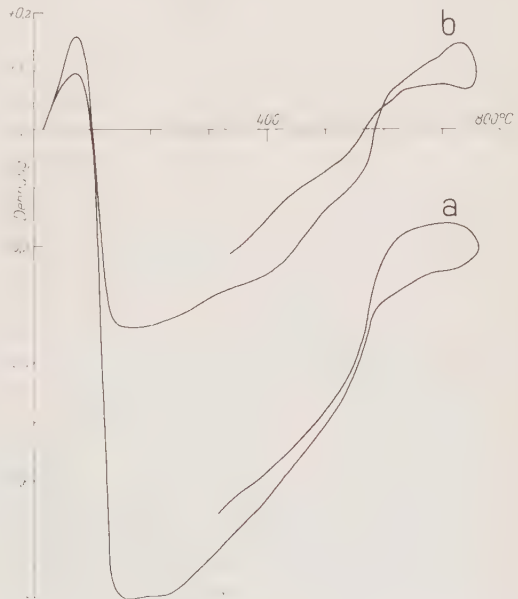


Abb. 7. Dehnungskurven:
a) Probe X; b) Probe Z.

Von der Probe Y sind die DTA-Kurven der einzelnen Fraktionen in Abbildung 8 dargestellt. Nach dem, was bereits bisher über die Differentialthermo-Analyse gesagt wurde, erübrigt sich eine erneute Erläuterung.

In den Texturaufnahmen der feinen Fraktionen ist Corrensit eindeutig erkennbar. Er findet sich diesmal auch wieder in den Korngrößenklassen II. In den Estherien-schichten (Probe Z) tritt er gegenüber den Myophorien-schichten etwas zurück. Die Figur 4 auf Tafel 10 zeigt Texturaufnahmen der Fraktion II ($0,3\text{--}1,0\ \mu$) der Probe X (Myophorienschichten).

Die genauen Mineralgehalte der Windsheimer Estherien- und Myophorienschichten bringt Tabelle 2 auf Seite 87.

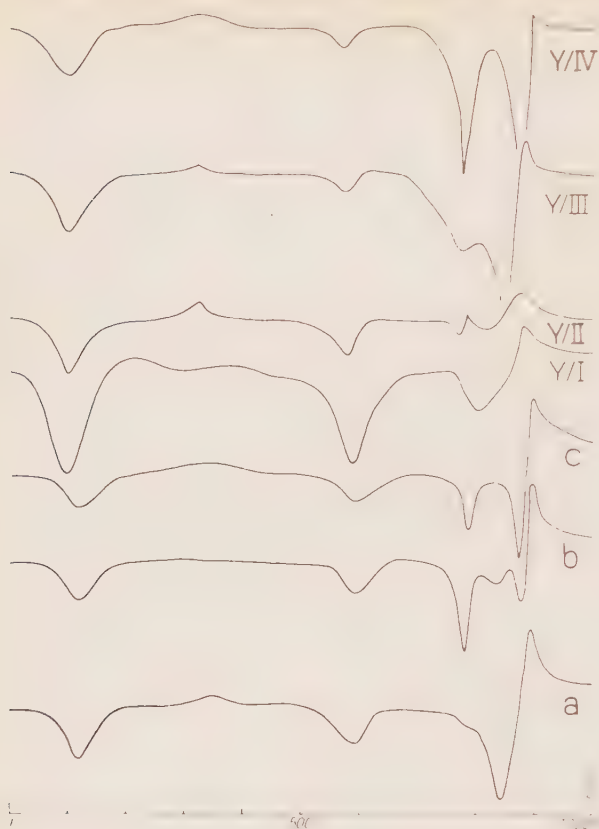


Abb. 8. DTA-Kurven:

- a) Probe X;
- b) Probe Y;
- c) Probe Z.

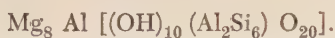
Y/I Fraktion $< 0,3\ \mu$;
 Y/II Fraktion $0,3\ \mu\text{--}1,0\ \mu$;
 Y/III Fr. $1,0\text{--}3,16\ \mu$;
 Y/IV Fr. $3,16\text{--}10,0\ \mu$;

10. Die chemischen Analysen

Aus verschiedenen Horizonten wurden 9 Proben auf ihre chemische Zusammensetzung hin untersucht; ferner wurden 2 corrensit-haltige feine Fraktionen analysiert. Das Probegut enthält makroskopisch keinen Gips. Wie die Analysen zeigen, liegt der SO_3 -Gehalt unter 1 ‰, nur Probe 14 macht eine Ausnahme mit 9,3 ‰, entsprechend hoch ist hier der Wassergehalt, da es sich um feinverteilten Gips handelt.

Da die Proben zum Teil viel Dolomit aufwiesen, wurde von allen CO_2 bestimmt. Dies geschah nach der Differenzmethode auf nassem Wege. Vorhandene geringe Pyritmengen verfälschten die Ergebnisse nur unwesentlich, wie sich aus dem mikroskopischen Vergleich ergab. Berechnet man stöchiometrisch den Dolomit und subtrahiert CaO und MgO von den entsprechenden Analysenwerten, so überwiegt in allen Proben das MgO gegenüber dem CaO. Dies war auf Grund der ermittelten Mineralführung zu erwarten, da Chlorite und Corrensite bisweilen in beachtlichen Konzentrationen in allen Horizonten vorliegen. Besonders die Analysen der stark corrensit-haltigen, aber dolomitfreien Proben (14/I und Y/I) wiesen eine beträchtliche

Vormacht des Magnesiums auf. Nach BRADLEY & WEAVER (1956) lautet die ideale Formel von Corrensit:



Das in allen Schichten erscheinende Phosphat stammt mit großer Wahrscheinlichkeit aus feinem organischem Detritus.

Bezeichnend für die in den meisten Proben nur äußerst selten auftretenden Feldspäte ist der oft nur in Spuren ermittelte Na_2O -Gehalt. Der K_2O -Gehalt kann durch die vorhandenen Tonminerale erklärt werden. Auf eine allgemeine Ausrechnung der Tonminerale auf Grund der chemischen Analyse wurde bewußt verzichtet, da solchen Ergebnissen oft nur ein konstruktiver Charakter zukommt und sie die wahre Zusammensetzung der Minerale nur bedingt richtig wiedergeben.

Die Färbung der Horizonte

Bemerkenswert an der Schichtenfolge des Bohrkerns sind die verschieden gefärbten Lagen. Helle und dunkle, rote, braune, graue und grüne sowie schwarze Horizonte wechseln miteinander. Der Übergang von einer Farbe zur anderen ist oft kontinuierlich. Es überwiegen die grauen Farbtöne. Am intensivsten grün gefärbt sind die Letten der letzten sieben Meter vor der Endteufe; die hier auftretenden Sandsteine sind farblos. Der Grund der braunroten Färbung ist — wie kaum anders zu erwarten — auf feinverteilte Eisenoxyde und Eisenhydroxyde zurückzuführen. Schon mikroskopische Beobachtungen ließen derartige Verbindungen erkennen, die mitunter den Dünnschliff fast undurchsichtig machten. Isolierte gelb-braune, durchscheinende Körnchen der größeren Fraktionen solcher gefärbten Partien erwiesen sich als Quarze mit einer feinen Eisenoxydkruste. Die chemische Analyse brauner Horizonte ergab, daß Fe_2O_3 in größerer Menge vorliegt als FeO . Auftretende Glimmer und Chlorite zeigen Eisenanreicherungen in Form von intensiv braunen Flecken, während die anderen Partien farblos sind.

In den grauen und graugrünen Proben lassen sich unter dem Mikroskop hell- bis grasgrüne Chlorite und Biotite in großer Zahl erkennen, sie haben nur recht selten kleine, braune Flecken. Man kann mit einiger Sicherheit behaupten, daß diese Silikate mit ihrem zweiwertigen Eisen die Ursache der Grünfärbung sind. Nach der chemischen Analyse dieser Proben überwiegt in ihnen das FeO gegenüber dem Fe_2O_3 .

Als Träger der dunkelgrauen bis schwarzen Farben kommen bituminöser, kohlig-organischer Detritus und feinverteilter Pyrit in Frage. Anhand der DTA-Kurven konnte beobachtet werden, daß, je dunkler das Probegut erschien, desto intensiver die exothermen Anschläge im Temperaturintervall bis rund 500°C waren. Außerdem sahen die bei 1100°C gebrannten Proben nur noch hell- bis dunkelbraun aus. Eine fast schwarze Lage aus den Estheriensichten wurde auf ihren Kohlenstoffgehalt analysiert. Zu diesem Zweck wurde die Probe $\frac{1}{2}$ Stunde mit heißer Salzsäure 1 : 1 behandelt, um eventuell vorhandenes Karbonat zu zerstören, anschließend getrocknet und unter Zugabe von PbO_2 verbrannt und das CO_2 volumetrisch bestimmt. Der auf diese Weise ermittelte Kohlenstoffgehalt betrug 2,53 % (die beim Verbrennen entstandene Schmelze war klar, mit einer Tönung nach gelb).

Das in allen Analysen vorhandene Mangan wird zum größten Teil wahrscheinlich in der gleichen Art wie das Eisen vorliegen und dadurch eine Farbvertiefung der

Schichten hervorrufen; denn Mangan kommt in Tonmineralen meistens nur in Konzentrationen unter 0,1 % vor.

Tabelle 1. Chemische Analysen

Probe:	2	5	7	11	14	17	22	Y	14/I	Y/1	21
SiO ₂	44,6	39,9	26,5	34,7	44,3	42,1	45,8	32,3	44,2	47,0	53,9
Al ₂ O ₃	18,7	12,3	8,2	10,3	16,8	11,9	21,4	9,3	n. best.		19,5
Fe ₂ O ₃	4,2	1,8	2,7	2,0	1,3	3,9	2,6	2,7	n. best.		0,7
FeO	1,5	2,9	1,8	—	1,3	2,6	1,8	1,6	n. best.		3,5
TiO ₂	0,2	0,3	Sp.	0,2	Sp.	Sp.	0,4	0,3	n. best.		Sp.
CaO	6,7	9,8	16,0	13,7	7,9	6,1	3,7	13,5	2,8	1,9	3,4
MgO	7,7	8,5	14,9	11,8	4,7	11,1	6,2	11,6	12,3	9,5	3,9
MnO	0,2	0,5	0,6	0,2	0,7	0,9	0,5	0,4	n. best.		0,4
P ₂ O ₅	0,2	0,4	0,2	0,3	0,4	0,4	0,9	0,4	n. best.		n. best.
SO ₃	Sp.	Sp.	0,6	0,6	9,3	0,9	0,8	0,1	n. best.		0,2
Na ₂ O	0,1	0,2	Sp.	0,1	Sp.	0,2	Sp.	Sp.	n. best.		0,4
K ₂ O	5,1	4,1	3,3	3,6	1,9	4,2	4,9	3,1	n. best.		5,7
Glühverlust	10,6	18,8	25,8	23,1	11,3	15,6	11,9	24,8	12,2	9,4	8,0
CO ₂	2,6	12,7	21,0	17,6	1,3	8,2	4,4	20,1	n. best.		4,7
H ₂ O + Org.	7,7	6,1	4,8	5,5	10,0	7,4	7,5	4,6	n. best.		3,3
Dolomitgehalt	6,0	26,6	44,0	36,9	2,7	17,2	9,2	42,0	—	—	10,0
Gipsgehalt					20,0						

11. Zusammenstellung der Mineralgehalte nach der vorgeschlagenen Erlanger Nomenklatur

Stellt man zum Vergleich die gefundenen prozentualen Mineralgehalte der einzelnen Proben tabellarisch zusammen, so ist die Übersicht — allein schon wegen der stark schwankenden Dolomitgehalte — etwas verwirrend, und die Beziehungen der Horizonte untereinander treten nur undeutlich in Erscheinung.

Eindeutigere Aussagen lassen sich jedoch machen, wenn man die von ERNST, FORKEL & v. GEHLEN (1959) vorgeschlagene Nomenklatur der Tone anwendet. Danach erhalten die Proben folgende Bezeichnung (es ist zu beachten, daß es sich im vorliegenden Fall immer um stark verfestigte „Tone“ handelt, deren Gipsanteil nicht berücksichtigt wird):

Probe 1:

$$0,95^{(*)} - C_{do} (41) I_{il + bt} (26 + 1) X_{CH + co} (16 - 5) - Q_{qz} (7) Y_{hm} (2) Z (2)^{**}$$

(stark dolomitführender CIX-Ton)

Probe 2:

$$1,41/ I_{il + bt} (43 + 4) X_{co + CH} (10 + 6) Q_{qz} (14) Z (13) - C_{do} (9) F_{or} (1)$$

(IXQ-Ton mit hohem Anteil nicht trennbarer Aggregate)

^{*)} die spezifische Oberfläche wurde nicht ermittelt.

^{**)} im Glied Z ist neben den Aggregaten auch der „Rest“ enthalten.

Probe 5:

$$2,79/ - \mathbf{I}_{il(mu, bt)} (22 + 12) \mathbf{C}_{do} (28) \mathbf{Q}_{qz} (14) \mathbf{X}_{CH + co} (8 + 5) \\ - \mathbf{Z} (7) \mathbf{Y} (4) \mathbf{F}_{pl} (2) \\ (\mathbf{ICQX}\text{-Ton mit nicht trennbaren Aggregaten})$$

Probe 7:

$$1,58/ - \mathbf{C}_{do} (48) \mathbf{I}_{il + mu} (26 + 6) \mathbf{Q}_{qz} (8) - \mathbf{X}_{CH} (5) \mathbf{Z} (5) \mathbf{Y} (2) \\ (\text{stark dolomitführender } \mathbf{CIQ}\text{-Ton})$$

Probe 14:

$$1,72/ - \mathbf{I}_{il + (mu, bt)} (24 + 11) \mathbf{Q}_{qz} (34) \mathbf{X}_{co + CH} (15 + 3) - \mathbf{Z} (7) \mathbf{C}_{do} (3) \mathbf{Y} (3) \\ (\mathbf{IQX}\text{-Ton mit nicht trennbaren Aggregaten})$$

Probe 17:

$$3,16/ - \mathbf{I}_{il + (mu, bt)} (29 + 4) \mathbf{C}_{do} (23) \mathbf{X}_{co + CH} (15 + 4) \mathbf{Z} (11) \\ - \mathbf{Q}_{qz} (10) \mathbf{Y}_{hm} (4) \\ (\text{dolomitführender } \mathbf{ICX}\text{-Ton mit hohem Anteil nicht trennbarer Aggregate})$$

Probe 23:

$$1,30/ - \mathbf{I}_{il + (mu, bt)} (31 + 1) \mathbf{X}_{CH} (20) \mathbf{Q}_{qz} (16) \mathbf{Z} (15) \\ - \mathbf{C}_{do} (11) \mathbf{M}_{mo} (3) \mathbf{F}_{or + pl} (1 + 1) \\ (\mathbf{IXQ}\text{-Ton mit hohem Anteil nicht trennbarer Aggregate})$$

Probe X:

$$1,44/ - \mathbf{X}_{co + CH} (20 + 15) \mathbf{I}_{il + mu} (26 + 5) \mathbf{Q}_{qz} (18) \mathbf{C}_{do} (8) - \mathbf{Z} (5) \mathbf{Y} (3) \\ (\mathbf{XIQC}\text{-Ton})$$

Probe Z:

$$1,69/ - \mathbf{I}_{il} (27) \mathbf{C}_{do} (22) \mathbf{Q}_{qz} (18) \mathbf{X}_{co + CH} (10 + 7) - \mathbf{Z} (12) \mathbf{Y}_{ht} (4) \\ (\mathbf{ICQX}\text{-Ton mit hohem Anteil nicht trennbarer Aggregate})$$

Zum Schluß soll noch geklärt werden, wie sich die Proben der Ausbisse zu den Kernproben verhalten.

Theoretisch gehören die Horizonte folgendermaßen zusammen:

Probe X (Myophorienschichten ~ 10 m über Bleiglanzbank)
entspricht Proben 17—19 (230—236 m)

Probe Y (Myophorienschichten ~ 10 m unter *Acrodus-Corbula*-Horizont)
entspricht Probe 8 oder 9 (182,5—193 m)

Probe Z (Estheriensicht ~ 10 m über *Acrodus-Corbula*-Horizont)
entspricht Probe 5 (162—173 m).

Eine gute Vergleichsmöglichkeit ergibt sich, wenn man den Mineralgehalt nach der Erlanger Nomenklatur in Kurzform bezeichnet (ohne Berücksichtigung des Gipsgehaltes):

Probe	5	ICQX -Ton
Probe	Z	ICQX -Ton
Probe	8	ICQ -Ton
Probe	9	IXC -Ton
Probe	Y	CXG -Ton
Probe	17	ICXZ -Ton
Probe	19	IXQC -Ton
Probe	X	XIQC -Ton

Die Übereinstimmung zwischen den Proben 5 und Z ist offensichtlich. Der Unterschied zwischen den Proben 9 und Y beruht nur auf verschiedener Dolomitführung, der Anteil an chloritischem Material stimmt wesentlich überein, die Proben 19 und X schließlich unterscheiden sich durch eine prozentual schwankende Führung in glimmerartigen und chloritischen Bestandteilen, die Abweichung ist aber nur gering, wie aus der Abb. 9 hervorgeht.

12. Auswertung und Diskussion

Die eingehende sedimentpetrographische Untersuchung des tonigen Anteils eines Bohrkernes aus der Randfazies des Gipskeupers hat ziemlich überraschende Ergebnisse gebracht, da trotz des (zumindest teilweise) granitischen Ausgangsmaterials im tonigen Anteil nur Glimmer und Glimmerumbildungsprodukte — Illit, Chlorit, Corrensit — festgestellt wurden. Dagegen waren Tonminerale der Kaolin- und Montmorin-Gruppe nicht nachweisbar.

Die aus den Untersuchungsergebnissen ermittelte Mineralführung des Bohrprofils in Verbindung mit dem auftretenden Gesamtgips ist in Abb. 9 dargestellt. Hieraus geht hervor, daß Dolomit- und Gipsgehalt nicht willkürlich verteilt sind, sondern sich jeweils in drei Zonen anreichert finden. Vollkommen dolomit- und gipsreiche Horizonte treten nicht auf. Es läßt sich durchschnittlich feststellen, daß mit sinkender Gipsführung in den folgenden Partien der Dolomitanteil z. T. stark ansteigt; umgekehrt wächst mit fallendem Dolomitgehalt die Gipsführung.

Die gipsreichsten Zonen liegen:

- a) von 145 bis 173 m (54 0/0—14 0/0)
- b) von 190 bis 228 m (8 0/0—69 0/0)
- c) von 236 bis 245 m (20 0/0— 5 0/0)

Gips tritt hauptsächlich in Fasern auf, deren Lagen alle möglichen Richtungen aufweisen. Die Untersuchungen ergaben, daß meist die an den Fasergips angrenzende Umgebung relativ wenig oder gar keinen Gips mehr führt. Es liegt also der Schluß nahe, daß der ursprünglich im Sediment verteilte Gips gelöst wurde und sich in Klüften abgeschieden hat. Wieweit der Gips durch die Oxydation sulfidischer Erze entstanden ist, konnte nicht geklärt werden, sicherlich wird der Anteil aber kaum eine größere Rolle spielen.

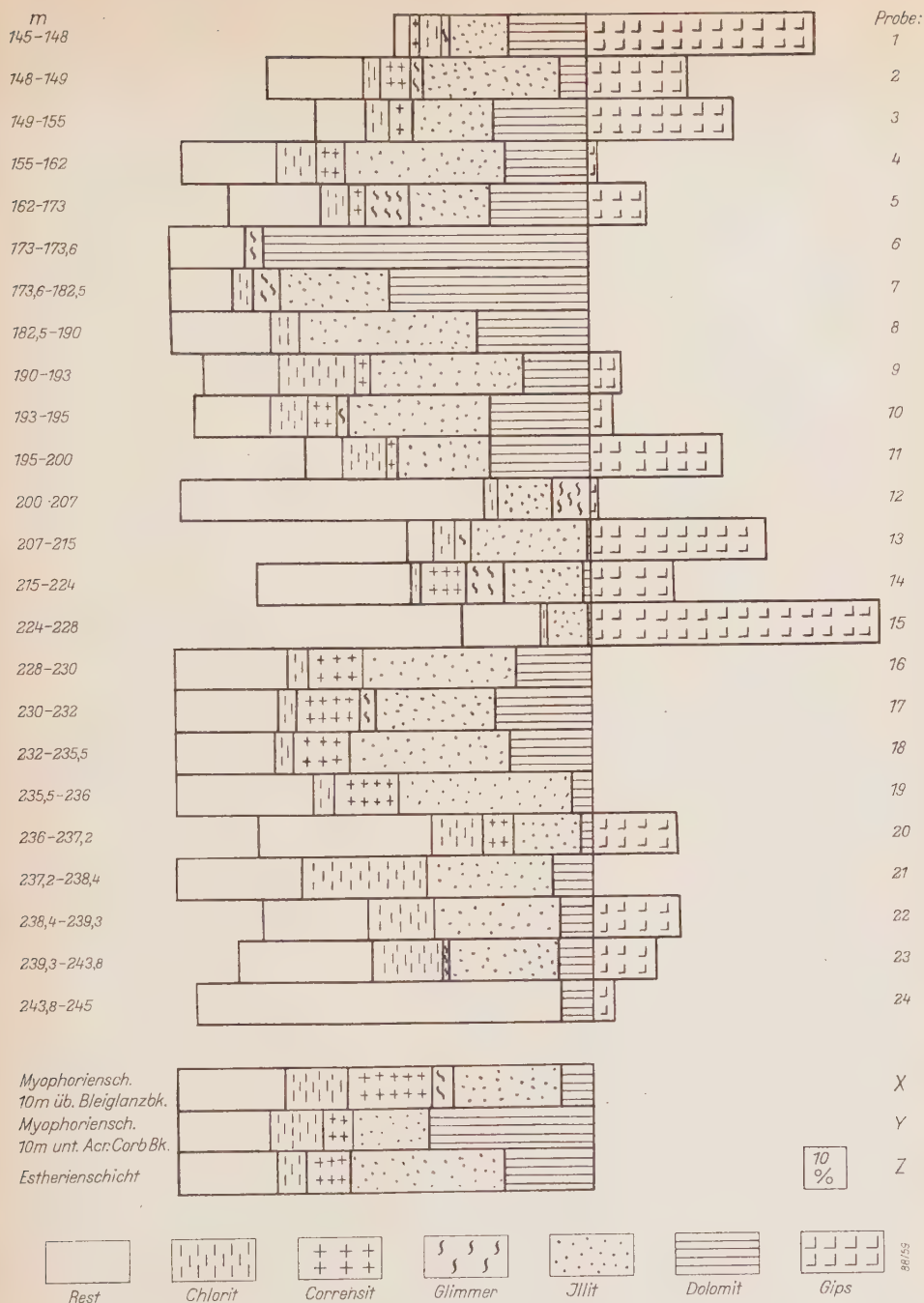


Abb. 9. Die Verteilung der Minerale in den untersuchten Proben.

Der in den Dünnschliffen erkannte Anhydritbestand in Form von Nestern und Knollen muß, wie bereits ausgeführt, als primäres Einschwemmungsprodukt aus bisher noch unbekannten Horizonten gedeutet werden. Erst nachträglich sind jene Gebilde teilweise in Gips umgewandelt und dadurch mitunter in kleine Stücke zerlegt worden. Wieweit Anhydrit Horizonte überhaupt als Quelle der Sulfatlösung in Frage kommen können, soll hier nicht weiter diskutiert werden. Vielleicht könnten z. B. durch Spurenanalyse entsprechende Hinweise gewonnen werden. Auffallend ist, daß nur in einer Schicht (Probe 11, 195—200 m) bis zu mehreren Zentimetern große Anhydritknollen vorkommen. Für Einschwemmung spricht die Tatsache, daß der Durchmesser der Knollen innerhalb des Horizontes von unten nach oben wächst. Im unteren Teil z. B. finden sich mit konglomeratähnlicher Ausbildung in Taschen eingelagert nur wenige mm-große Knollen. Während die Gipsverteilung spontan von 69 % auf 0 % zurückgehen kann, verschwindet der Dolomit kontinuierlich, erreicht jedoch in keiner Probe 0 %. Die dolomitreichen Zonen liegen in folgenden Bereichen:

- a) von 145 bis 224 m mit einem Maximum von rund 80 %
bei 173—173,6 m;
- b) von 224 bis 237 m mit einem Maximum von rund 20 %
bei 230—233 m;
- c) von 237 bis 245 m.

Der ungewöhnlich hohe Dolomitanteil um 173 m ist auf eine „Steinmergelbank“ zurückzuführen, die nach v. FREYBERG als *Acrodus-Corbula*-Horizont aufgefaßt wird. Dieser trennt die Estherien- von den Myophorienschichten.

Als Haupttonminerale finden sich in allen entsprechenden Proben des Profils Illite. Nach schon besprochenen Hinweisen liegen dioktaedrische Illite vom Muskovit-Typ vor. Außerdem treten auf: Quarz, Glimmer, Chlorite und Corrensit. Es fehlen also die eigentlichen Vertreter der Kaolin- und Montmorillongruppe.

Legt man für die Sedimente ein normales Ausgangsmaterial zugrunde, so erhebt sich die Frage, wieweit man bei den vorhandenen Mineralen von Verwitterungsresten oder von Neubildungen im Sediment reden kann.

Eindeutige Hinweise auf eine authigene Bildung von Illit lassen sich nicht anführen, z. B. konnten in sorgfältig präparierten Dünnschliffen keine Blättchenaggregate wie NORIN (1953) sie beobachtet hat, festgestellt werden.

Nach GRIM (1953) verschiebt sich mit steigender Diagenese das Verhältnis kaolinitisches Material und Montmorillonit einerseits zum Illit andererseits immer mehr zugunsten des Illites, bis schließlich nur noch Illit vorhanden ist. Daher ist es durchaus verständlich, daß jene Minerale nicht mehr auftreten. Bei Untersuchungen an rezenten Sedimenten (z. B. ECKHARDT 1958) ließen sich neben kaolinitischem Material und Montmorillonit auch Illite erkennen. Illit wird also auch als primäres Abbaurelikt von Glimmern sedimentiert. Wo nun bei den hier analysierten Proben die Grenze zwischen Relikt und Neubildung zu ziehen ist, läßt sich schwerlich entscheiden, es werden wahrscheinlich beide Arten eine gewisse Rolle spielen.

Die Chlorite verhalten sich nach ECKHARDT (1958) ähnlich wie die Illite. In rezenten Sedimenten treten sie zwar nur als untergeordneter Gemengteil auf, aber bei fortschreitender Diagenese, u. U. besonders bei schwacher Metamorphose, steigt der Chloritgehalt stark an.

Die bei der Bildung von Chlorit aus Montmorillonit freiwerdende Kieselsäure soll sich im Sediment als Quarz abscheiden. Auf diese Weise könnte z. T. die Entstehung der in verschiedenen Horizonten auftretenden idiomorphen Quarzkristalle erklärt werden. Es ist jedoch sehr fraglich, ob alle derartigen Quarze so gedeutet werden können; denn die z. B. in Probe 5 (162—173 m) auftretenden idiomorphen Kristalle sind sicher nicht durch eine Umbildung von Chlorit aus Montmorillonit entstanden, da die Quarzmenge in keinem Verhältnis zur Chlorit- bzw. Corrensitführung steht und außerdem die Kristalle ausschließlich in Gips schwimmend auftreten. Daher ist es wahrscheinlicher, daß bei der Lösung des Gipses im Sediment und der anschließenden Auskristallisation in Klüften, als Fasergips, Kieselsäure ebenfalls mitmobilisiert wurde und in Form jener Kristalle kristallisierte.

Beim Corrensit handelt es sich um ein Mineral, das nach BRADLEY & WEAVER (1956), LIPPMANN (1956) u. a. zwischen Chlorit und Montmorillonit steht und möglicherweise aus beiden Mineralen durch Auf- bzw. Abbau entstehen kann. Betrachtet man über das gesamte Profil (Abb. 9) in den einzelnen Proben das Verhältnis Chlorit : Corrensit, so läßt sich erkennen, daß bis zu einer Teufe von 215 m Chlorit gegenüber Corrensit vorherrscht, jedoch ab 215 m der Corrensitanteil größer wird. Die Lettenlagen aus den Sandsteinhorizonten ab 237,2 m (nach der Spezialgliederung von v. FREYBERG handelt es sich sehr wahrscheinlich bei dem Sandstein um die Dacharkose B des Benkersandsteines) weisen neben viel Chlorit keinen Corrensit auf. In nur diesen Proben konnten jedoch röntgenographisch Montmorillonit und etwas Kaolinit nachgewiesen werden!

Die mineralische Zusammensetzung der sekundären Einflüssen viel stärker ausgesetzten Ausbisse der entsprechenden Schichten bei Windsheim ist jedoch von den Kernproben kaum verschieden — ehemals vorhandener Gips ist natürlich durch Atmosphärrillen längst in Lösung gegangen. Allerdings muß bemerkt werden, daß die Texturaufnahmen der corrensithaltigen Fraktionen dieser Oberflächenproben schärfere Corrensitdiagramme zeigen als die Aufnahmen aus anderen Horizonten. Wie weit dieser offenbar verschiedene Ordnungszustand auf Grund sekundärer Bedingungen erklärt werden kann, läßt sich an Hand der wenigen Proben nicht entscheiden.

Die Kornverteilungen einiger untersuchter Proben sowie die mineralmäßige Zusammensetzung der einzelnen Fraktionen gehen aus Blockdiagrammen hervor. (Das Gesamtbild wird allerdings teilweise etwas verfälscht durch unaufgearbeitete Aggregate, ferner wurde der Anteil $> 0,3 \mu$ — da dieser mit den vorhandenen Mitteln nicht weiter getrennt werden konnte — über zwei Bereiche dargestellt.) Mit Ausnahme bei der Probe 12 liegen sämtliche Maxima zwischen $0,1 \mu$ und $10,0 \mu$ Durchmesser. Diese Maxima sind besonders dann stark ausgeprägt, wenn die Fraktionen einen hohen Prozentsatz von Dolomit aufweisen, andererseits beschränkt sich die Hauptdolomitführung auch auf diese Korngrößenklassen. Reine Tonminerale, z. B. Illit und Corrensit, finden sich angereichert nur in den kleinsten Fraktionen. — Das untersuchte Material der Probe 12 (200—207 m) weicht deshalb in der Kornverteilung und Zusammensetzung von den anderen Proben ab, weil es aus dem sehr sandig ausgebildeten Liegenden dieses Horizontes stammt. Daher ist hier der größte Quarz- und Feldspatanteil zu verzeichnen.

Die Frage, ob direkte Zusammenhänge zwischen der Gips- und Dolomitführung einerseits und dem Tonmineralgehalt andererseits bestehen, muß nach allen Ergebnissen verneint werden. So tritt z. B. Corrensit sowohl bei einem Gipsgehalt von 54 % (Probe 1 145—148 m) und 0 % (Probe 17 230—232 m) als auch bei einem Dolomit-

Fortsetzung Tabelle 2

	Fraktion	Illit	Corrensit	Chlorit	Dolomit	Quarz	Biotit	Glimmer	Muskovit	Feldspat	Aggregate	Opak ^e s	Rest	Kaolinit	Montmorillonit
Probe 17 230—232 m	I	< 100			3										
	II	80			10										
	III	69		3	18	10									
	IV			8	46	17		11*			13	3**	2		
	V+VI			4	13	10		15*			49	9**			
Gesamt- gehalt nach allen															
Methoden:		44		4	23	10		4*			8	4**	3		
* = hier handelt es sich um Biotit und Muskovit															
** = die opaken Körner erwiesen sich mittels Röntgenaufnahme als Hämatit															
Probe 23 239,3— 243,8 m	I	80	< 20												< 10
	II	50	30	5	10										vorh. < 5
	III	10	31	23	13		5			12	3				vorh.
	IV		18	25	22		5			5	23	3			
	V+VI		8	8	15		3			4	60	2			
Gesamt- gehalt nach allen															
Methoden:		31	20	11	16		1			2	13	2		vorh.	3
Probe X Myophorien- Schichten	I	100													
	II	< 100		vorh.											
	III	41		20	6	14			8		6	3	2		
	IV			25	17	43			9		4	2			
	V+VI					60			4		32	4			
Gesamt- gehalt nach allen															
Methoden:		46		15	8	18			5		3	3	2		
Probe Z Estherien Schichten	I	100													* = Hämatit
	II	90			10										
	III	16		28	38	8						7*	3		
	IV			7	44	24					20	4*	1		
	V+VI				17	18					42	15*	8		
Gesamt- gehalt nach allen															
Methoden:		37		7	22	18					10	4*	2		

I = $< 0,3 \mu$ IV = $3,16 - 10,0$
 II = $0,3 - 1,0 \mu$ V = $10,0 - 31,6 \mu$
 III = $1,0 - 3,16 \mu$ VI = $> 31,6 \mu$

gehalt von 40 % (Probe Y Myophorienschichten bei Windsheim) und 2 % (Probe 14 215—224 m) auf. Obwohl bei einem Dolomitgehalt von über 40 % kein Corrensit mehr nachgewiesen werden konnte, ist nicht anzunehmen, daß ein echter Zusammenhang zwischen Dolomit- und Corrensitführung besteht; denn die Probe Y mit ~ 40 % Dolomit hat immerhin noch einen Corrensitgehalt von schätzungsweise 10 %. Illite schließlich treten ebenfalls in fast allen Horizonten auf.

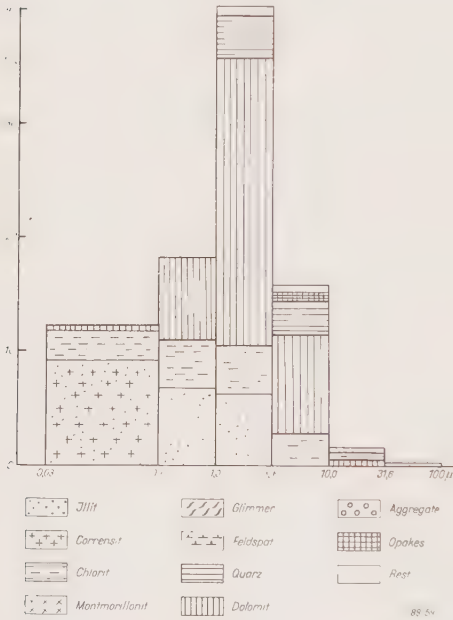


Abb. 10. Korngrößenverteilung: Probe 1.

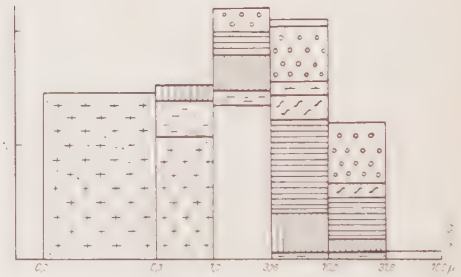


Abb. 11. Korngrößenverteilung: Probe 2;
Zeichenerklärung s. Abb. 10.

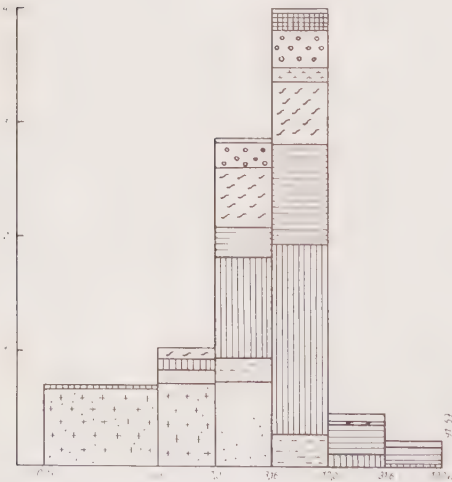


Abb. 12. Korngrößenverteilung: Probe 5;
Zeichenerklärung s. Abb. 10.

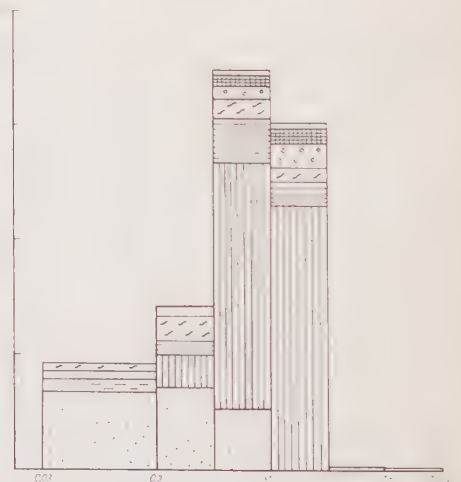


Abb. 13. Korngrößenverteilung: Probe 7;
Zeichenerklärung s. Abb. 10.

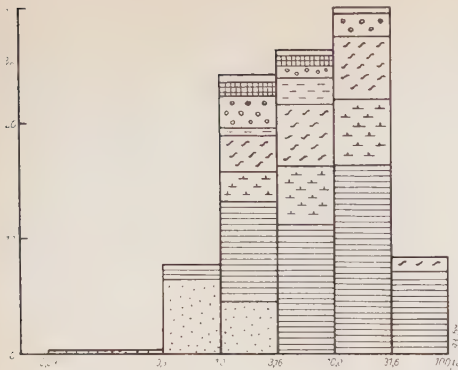


Abb. 14. Korngrößenverteilung: Probe 12;
Zeichenerklärung s. Abb. 10.

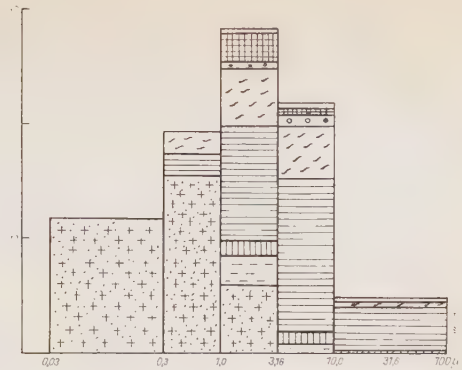


Abb. 15. Korngrößenverteilung: Probe 14;
Zeichenerklärung s. Abb. 10.

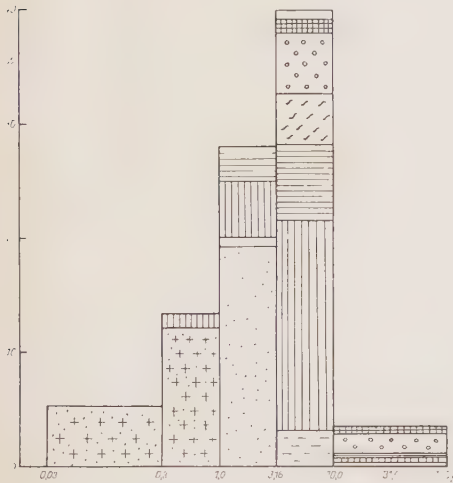


Abb. 16. Korngrößenverteilung: Probe 17;
Zeichenerklärung s. Abb. 10.

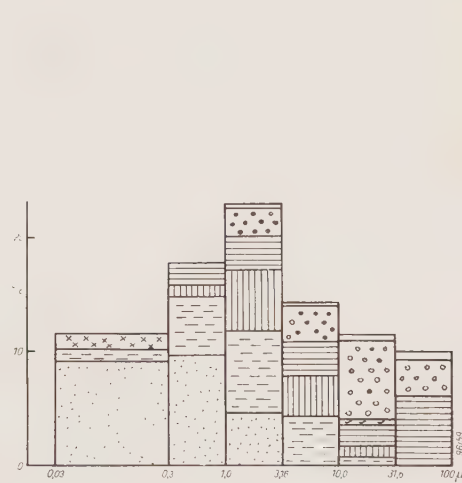


Abb. 17. Korngrößenverteilung: Probe 23;
Zeichenerklärung s. Abb. 10.

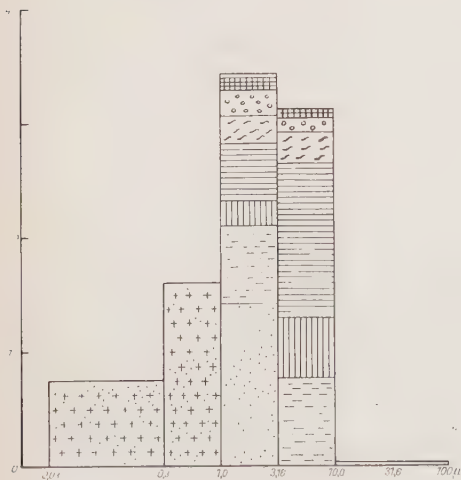


Abb. 18. Korngrößenverteilung: Probe X;
Zeichenerklärung s. Abb. 10.

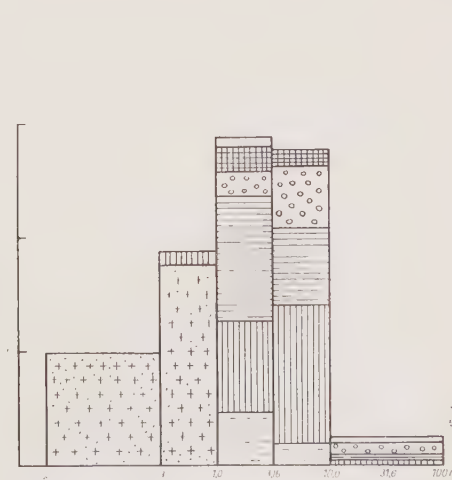


Abb. 19. Korngrößenverteilung: Probe Z;
Zeichenerklärung s. Abb. 10.

Abschließend möchte ich Herrn Prof. Dr. TH. ERNST herzlich für die Überlassung dieses Themas, für wertvolle Anregungen sowie für seine freundliche Unterstützung danken. Vielmals danke ich Herrn Prof. Dr. B. VON FREYBERG für die Vermittlung des Kernmaterials und Herrn Prof. Dr. C. W. CORRENS für die Überlassung zweier corrensit-haltiger Proben. Herrn Prof. Dr. K. JASMUND bin ich für mündliche Mitteilungen, die mir den Bau einer Texturkamera ermöglichten, zu Dank verpflichtet. Durch das Entgegenkommen von Herrn Prof. Dr. H. R. VON GAERTNER wurden die Alkali-Analysen in der Bundesanstalt für Bodenforschung, Hannover, angefertigt.

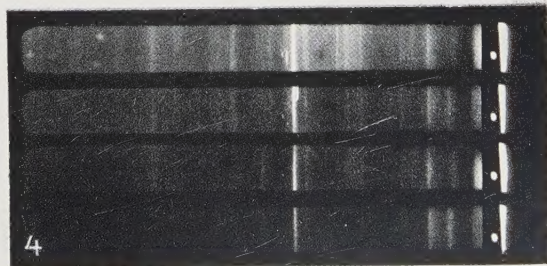
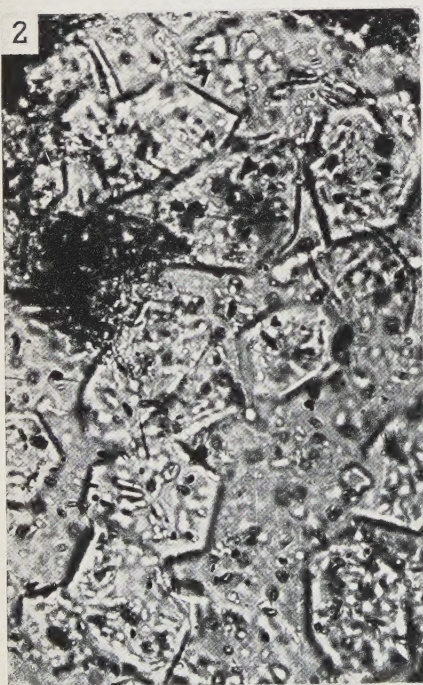
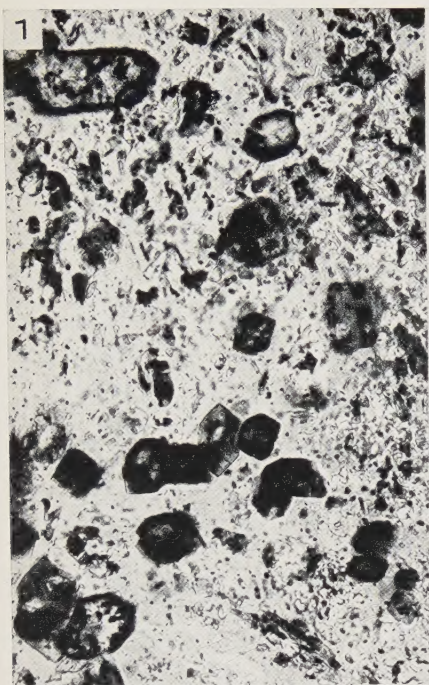
Schrifttum

- BRADLEY, W. F. & WEAVER, C. E.: A regulary interstratified Chlorit-Vermiculit clay mineral. — Amer. Miner., **41**, S. 497—504, Menasha/Wisc. 1956.
- BRINDLEY, G. W.: X-ray identification and crystal structures of clay minerals. — London 1951.
- CORRENS, C. W. & PILLER, H.: Mikroskopie der feinkörnigen Silikatminerale. — In: H. FREUND, Handbuch der Mikroskopie in der Technik, **4**, Tl. 1, S. 699 ff., Frankfurt/M. 1955.
- ECKHARDT, F.-J.: Über Chlorite in Sedimenten. — Geol. Jb., **75**, S. 437—474, 13 Abb., 6 Tab., Hannover 1958.
- ERNST, TH., FORKEL, W. & GEHLEN, K. v.: Vollständiges Nomenklatorsystem der Tone. — Ber. Dt. Keram. Ges., **36**, S. 11—18, Bonn 1959.
- FORKEL, W.: Qualitative und quantitative Untersuchungen an Dilatometerkurven von Tonen. — Heidelbg. Beitr. Miner. u. Petrogr., **5**, S. 1—22, Berlin 1955.
- FREYBERG, B. v.: Die Randfazies des Gipskeupers, insbesondere der Benker Sandstein in Franken. — Erlanger geol. Abh., **11**, S. 3—41, Erlangen 1954.
- : Benker Sandstein und Sedimentationszyklen in der Tiefenbohrung Ireks V in Kulmbach. — Geol. Bl. NO-Bayern, **5**, S. 18—26, Erlangen 1955 (1955a).
- : Profil der Bohrung Ireks V, Kulmbach. — In: H. GUDDEN, Erläuterungen zu Blatt Kulmbach, München 1955 (1955b).
- GRIM, R. E.: Clay Mineralogy. — New York 1953.
- HONEYBORNE, D. B.: The clay minerals in the Keuper marl. — Clay miner. Bull., **1**, 5, S. 150—157, London 1951.
- JASMUND, K.: Texturaufnahmen von blättchenförmigen Mineralen submikroskopischer Größenordnung in einer Debye-Scherrer-Kamera. — N. Jb. Miner. usw., Mh. **3**, S. 63—72, Stuttgart 1950.
- : Über den röntgenographischen Nachweis der Tonminerale. — Ber. Dt. Keram. Ges., **28**, Bonn 1951.
- : Die silikatischen Tonminerale. — 192 S., Weinheim (Chemie) 1955.
- : Eine Texturkamera zur schnellen Bestimmung von blättchenförmigen Tonmineralen. — Naturwiss., **43**, 12, S. 275, Berlin 1956.
- LIPPMANN, F.: Der Mineralbestand der Tone von Großalmerode. — Sprechsaal Keramik, Glas, Email, **86**, 9, Coburg 1953.
- : Über einen Keuperton von Zaisersweiher bei Maulbronn. — Heidelbg. Beitr. Miner. u. Petrogr., **4**, S. 130—134, Berlin 1954.
- : Clay minerals from the Röt member of the Triassic near Göttingen, Germany. — J. Sed. Petrology., **26**, S. 125—139, Tulsa/Oklah. 1956.

- MACKENZIE, R. C.: The Differential thermal investigation of clays. — 456 S., London 1957.
- NORIN, E.: Occurrence of authigenous illitic unica in the sediments of the central Tyrrhenian sea. — Bull. geol. Inst. Uppsala, **34**, S. 279—284, Uppsala 1953.
- PILLER, H.: Phasenkontrastmikroskopie zur Bestimmung feinkörniger, speziell dünner, transparenter Minerale. — Heidelbg. Beitr. Miner. u. Petrogr., **3**, S. 307—334, 19 Abb., Berlin 1953.
- SCHNITZER, W. A.: Petrographie des Benker Sandsteins der Bohrung Ireks V am Westrand von Kulmbach. — Geol. Bl. NO-Bayern, **5**, S. 26—34, Erlangen 1955.
- TRÖGER, W. E.: Tabellen zur optischen Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale. — 147 S., 17 Tab., 95 Diagr., 256 Fig. etc., Stuttgart (Schweizerbart) 1952.

Tafel 10

- Fig. 1. Dünnschliff von Probe 5 (162—173 m):
idiomorphe Quarzkristalle in Gips;
Vergr. 250 $\times$, + Nicols. S. 71
- Fig. 2. Dünnschliff von Probe 5:
idiomorphe Quarzkristalle in Gips;
Vergr. 500 $\times$. S. 71
- Fig. 3. Bohrkernstück aus dem Horizont 195—200 m (Probe 11) mit großen Anhydritknollen, die teilweise durch feine, verästelte Risse infolge sekundärer Gipsbildung zerlegt worden sind (Maßstab $\sim 1:1$). S. 72
- Fig. 4. Texturaufnahmen von Probe 13 und Probe X (von oben nach unten)
1. 13/II mit Glyzerin
 2. 13/II ohne Glyzerin
 3. X/II mit Glyzerin
 4. X/II ohne Glyzerin. S. 74, 76



99/59

Lebenslauf

Am 2. September 1928 wurde ich, Hans-Hermann Schmitz, als Sohn des Kapitäns Johann Schmitz und seiner Ehefrau Hedwig in Duisburg-Beeck geboren. Von 1934 bis 1939 besuchte ich die Volksschule und anschließend das Realgymnasium. Wegen Einberufung als Luftwaffenhelfer und nachfolgender Kriegsgefangenschaft mußte ich meinen Schulbesuch von Januar 1944 bis Februar 1946 unterbrechen. Im März 1950 legte ich meine Reifeprüfung am Max-Planck-Gymnasium zu Duisburg-Meiderich ab. Nach längerer Tätigkeit im Laboratorium eines Hüttenwerkes in Duisburg begann ich im Wintersemester 1951 mit dem Studium der Mineralogie an der Universität Köln. Nach sechs Semestern wechselte ich im Winter 1954 die Universität und setzte mein Studium in Erlangen fort. In meinen Semesterferien war ich in verschiedenen Laboratorien der chemischen und eisen-schaffenden Industrie sowie im Bergbau beschäftigt. Die vorstehende Arbeit wurde in der Zeit von April 1956 bis Mai 1958 im Mineralogischen Institut der Universität Erlangen ausgeführt.

